

Palses et limite méridionale du pergélisol dans l'hémisphère nord : le cas de Blanc-Sablon, Québec

Palsas and the Southern Limit of Permafrost in the Northern Hemisphere: The Case of Blanc-Sablon, Québec

Palsen und südliche Grenze des Dauerfrostes in der nördlichen Hemisphäre: der Fall von Blanc-Sablon, Québec

Jean-Claude Dionne

Volume 38, numéro 2, 1984

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/032550ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/032550ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Dionne, J.-C. (1984). Palses et limite méridionale du pergélisol dans l'hémisphère nord : le cas de Blanc-Sablon, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 38(2), 165–184. <https://doi.org/10.7202/032550ar>

Résumé de l'article

Il existe des palses typiques dans la région de Blanc-Sablon (51°29' lat. N, 57°10' long. O), au sud de la limite connue du pergélisol sporadique au Québec-Labrador. Localisés dans de petites tourbières au fond d'une large vallée remblayée de sédiments fins quaternaires, les sites se trouvent entre 35 et 60 m d'altitude, à environ 5 km du rivage actuel. De 1 à 3 m de hauteur, les palses sont composées d'une couche de tourbe de 75 à 100 cm d'épaisseur et d'un coeur minéral de sable fin et de limon stratifié contenant de la glace de ségrégation. Le sommet des buttes est tantôt arrondi, tantôt plat et la couverture lichénique est souvent décapée par l'érosion. Le 20 août 1979, le toit du pergélisol se trouvait à 30 cm de profondeur. De nombreuses mares et cuvettes thermokarstiques caractérisent les ensembles palsiques et indiquent une dégradation relativement avancée. La température moyenne annuelle de l'air à Blanc-Sablon est de 0,6°C. Une revue de la littérature indique que ces palses se trouvent au sud de la limite méridionale habituelle des palses au Canada et en Europe. Il s'agit probablement de formes de pergélisol relique, datant d'une période antérieure plus froide.

Essai

PALSES ET LIMITE MÉRIDIONALE DU PERGÉLISOL DANS L'HÉMISPHERE NORD: LE CAS DE BLANC-SABLON, QUÉBEC

Jean-Claude DIONNE, Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4

RÉSUMÉ Il existe des palses typiques dans la région de Blanc-Sablon (51°29' lat. N, 57°10' long. O), au sud de la limite connue du pergélisol sporadique au Québec-Labrador. Localisés dans de petites tourbières au fond d'une large vallée remblayée de sédiments fins quaternaires, les sites se trouvent entre 35 et 60 m d'altitude, à environ 5 km du rivage actuel. De 1 à 3 m de hauteur, les palses sont composées d'une couche de tourbe de 75 à 100 cm d'épaisseur et d'un cœur minéral de sable fin et de limon stratifié contenant de la glace de ségrégation. Le sommet des buttes est tantôt arrondi, tantôt plat et la couverture lichénique est souvent décapée par l'érosion. Le 20 août 1979, le toit du pergélisol se trouvait à 30 cm de profondeur. De nombreuses mares et cuvettes thermokarstiques caractérisent les ensembles palsiques et indiquent une dégradation relativement avancée. La température moyenne annuelle de l'air à Blanc-Sablon est de 0,6°C. Une revue de la littérature indique que ces palses se trouvent au sud de la limite méridionale habituelle des palses au Canada et en Europe. Il s'agit probablement de formes de pergélisol relique, datant d'une période antérieure plus froide.

ABSTRACT *Palsas and the southern limit of permafrost in the northern hemisphere: The case of Blanc-Sablon, Québec* Typical palsas occur in the area of Blanc-Sablon (51°29'N, 57°10'W), south of the southernmost limit of sporadic permafrost in Québec as it is known today. They are found in small peat bogs located in the upper section of a broad valley filled with fine-grained Quaternary deposits. The sites are scattered in an area between 35 and 60 m a.s.l., approximately 5 km from the present shoreline of Brador Bay. Palsas, 1 to 3 m high, are composed of a mineral core of stratified fine sand and silt with segregated ice and a peat cover 75 to 100 cm in thickness. The top of palsas is usually flat or rounded, and the peat cover is commonly eroded. The permafrost table was found at a depth of 30 cm, on August 20, 1979. Several thermokarst depressions occurring in the palsa bogs give evidence of a high degree of degradation of palsa complexes. The mean annual air temperature at Blanc-Sablon is 0,6°C. A review of the literature indicates that these palsas are located south of the southernmost limit of palsas in Canada and Europe. They are probably relict features formed during cooler conditions.

ZUSAMMENFASSUNG *Palsen und südliche Grenze des Dauerfrostes in der nördlichen Hemisphäre: der Fall von Blanc-Sablon, Québec.* In der Gegend von Blanc-Sablon (51°29'N, 57°10'W) gibt es typische Palsen, südlich der bekannten Grenze des stellenweise auftretenden Dauerfrostes in Quebec-Labrador. Sie sind in kleinen Torfmooren zu finden, im hinteren Teil eines breiten Taals, das mit feinen Eiszeitsedimenten aufgefüllt ist. Die Vorkommen sind in einer Höhe zwischen 35 und 60 m, ungefähr 5 km vom heutigen Ufer der Brador Bay entfernt. Die 1 bis 3 m hohen Palsen bestehen aus einer 75 – 100 cm dicken Torfschicht und einem mineralischen Kern aus feinem Sand und geschichtetem Schlick, der abgesondertes Eis enthält. Die Kuppe der Hügel ist bald abgerundet, bald flach und die Torfdecke ist oft erodiert. Am 20. August 1979 befand sich das Dach des Dauerfrostes in 30 cm Tiefe. Zahlreiche Lachen und thermokarstische Mulden charakterisieren die Palsen-Komplexe und zeigen einen relativ fortgeschrittenen Verfall. Die jährliche durchschnittliche Lufttemperatur in Blanc-Sablon ist 0,6°C. Eine Durchsicht der Literatur zeigt, dass diese Palsen sich im Süden der gewohnten südlichen Palsengrenze in Kanada und Europa befindet. Es handelt sich möglicherweise um Überreste von Dauerfrostformen, die aus einer früheren, kälteren Zeitspanne stammen.

INTRODUCTION

L'intérêt porté aux paises au Québec est récent. Bien que leur existence au Québec-Labrador soit connue depuis une trentaine d'années (HUSTICH, 1950, p. 38; HARE et TAYLOR, 1956, p. 60; HARE, 1959, p. 32; BROWN, 1969, p. 175-176)¹, les premiers travaux consacrés aux paises remontent à moins de 15 ans (HAMELIN et CAILLEUX, 1969; THIBODEAU et CAILLEUX, 1973; BROWN, 1976). Au cours de la dernière décennie plusieurs auteurs se sont intéressés aux paises du Québec (HEIM, 1976; LAGAREC, 1976, 1980, 1982; LAVERDIÈRE et GUIMONT, 1976; PAYETTE *et al.*, 1976; KING, 1976; PAYETTE et SEGUIN, 1979; SEGUIN et CRÉPAULT, 1979; DIONNE, 1978, 1980; SAVOIE et GANGLOFF, 1980). La répartition géographique des paises demeure toutefois mal connue dans le détail bien que des cartes générales à petite échelle aient été dressées (PAYETTE *et al.*, 1976, fig. 5, p. 216; DIONNE, 1978, fig. 1, p. 189 et fig. 3, p. 203; LAGAREC, 1980, p. 220 et 232; 1982, p. 46).

Cette forme de relief modeste, indicatrice de la présence de pergélisol (HARRIS, 1982; WASHBURN, 1979), mérite une attention spéciale, car elle permet de déterminer la limite méridionale du pergélisol sporadique (FORSGREN, 1968, p. 117; RAPP, 1970, p. 111). Au Québec, cette tâche se révèle particulièrement ardue en raison, d'une part, de l'immensité du territoire et de son accessibilité souvent difficile et coûteuse et, d'autre part, du caractère spécifique du pergélisol, à savoir une température du sol inférieure à 0°C durant au moins deux années consécutives. En l'absence de formes indicatrices comme les paises, il faut donc mesurer la température du sol pour constater l'existence de pergélisol.

La présence de paises typiques dans la région de Blanc-Sablon, sur la basse Côte-Nord du Saint-Laurent (fig. 1) mérite d'être signalée², d'une part, parce qu'il s'agit de la localité la plus méridionale connue jusqu'à maintenant^{2a} de ce type de paises et, d'autre part, parce que ce site se trouve au sud de l'isotherme annuel de l'air de 0°, isotherme considéré par tous les spécialistes comme la limite méridionale des paises actives tant au Canada qu'en Europe (WASHBURN, 1979, p. 176-179). Les paises de Blanc-Sablon pourraient être des formes héritées d'une période froide antérieure.

SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET CARACTÉRISTIQUES DU MILIEU

Les champs de paises de Blanc-Sablon sont situés entre 6 et 8 km au nord de la localité du même nom (fig. 2), sise

à la limite orientale du Québec. Ils occupent de petites tourbières de quelques centaines de mètres carrés localisées dans le fond d'une large vallée remblayée de sédiments marins quaternaires, notamment des sables fins et des limons stratifiés. Les sites, entre 35 et 60 m d'altitude, se trouvent entre 4 et 6 km du rivage actuel de la baie de Brador (51°28' — 51°30' N; 57°09' — 57°11'30" O).

La région de Blanc-Sablon constitue une petite enclave de roches sédimentaires d'âge cambrien comprenant des grès et des calcaires (de BOUTRAY et HILLAIRES-MALCEL, 1977), s'appuyant directement sur le socle cristallin précambrien dont on trouve des affleurements sur le rivage, à la pointe au Diable, en face de Lourdes-de-Blanc-Sablon, et dans la baie de Brador, en particulier aux îles du Bassin et du Paresseux. Cette enclave correspond à un immense bloc affaissé tectoniquement et séparé du Bouclier, au nord, par la faille de Brador. Bien que modeste dans l'ensemble, le relief de la région de Blanc-Sablon présente un vif intérêt du fait qu'il s'agit d'un plateau structural avec couches monoclinales faiblement inclinées vers le golfe du Saint-Laurent. Au cours des temps géologiques, ce plateau a été défoncé par l'érosion qui a dégagé plusieurs collines massives de tailles variées formant des lambeaux de cuesta. Les plus hauts sommets n'excèdent pas 170 m, et environ la moitié du territoire est à moins de 100 m d'altitude.

La région aurait été déglaciée hâtivement et la submersion postglaciaire remonterait à plus de 11 000 ans (GRANT, 1969). La limite maximale atteinte par la mer de Goldthwait avoisinerait 150 m (de BOUTRAY et HILLAIRES-MARCEL, 1977). D'après la courbe du relèvement isostatique de la basse Côte-Nord dressée par DUBOIS (1980, p. 445), les niveaux de 35 à 60 m seraient émergés depuis plus de 6500 ans.

CARACTÉRISTIQUES DES CHAMPS DE PAISES

À Blanc-Sablon, on trouve des champs de paises dans au moins quatre petites tourbières situées dans le secteur amont de la dépression empruntée par la rivière de Blanc-Sablon (fig. 2). Le plus beau site, aussi le plus septentrional et le plus élevé, est localisé à la tête de la vallée, au pied d'un escarpement du cuesta (51°30' N), vers 60 m d'altitude. Les champs de paises sont de faible étendue: quelques centaines de mètres carrés; le plus grand fait environ 400 m de longueur sur 250 m de largeur. Toutefois, les paises ne couvrent qu'une partie de la superficie des tourbières; elles sont en majeure partie concentrées à la périphérie, de sorte que la partie centrale est plus basse, ouverte, largement inondée et non gelée.

Les paises ont des formes et des tailles variées allant des buttes rondes et ovales à sommet plat ou arrondi aux crêtes allongées atteignant entre 50 et 150 m de longueur (fig. 3); ces dernières forment parfois des réseaux anastomosés. L'allure générale du complexe le plus septentrional fait penser plutôt à une surface bombée qui a été défoncée de cuvettes thermokarstiques (fig. 4-5). Du haut des airs, il semble, en effet, que la surface des petites tourbières ait été soulevée massivement dans un premier temps, à une époque ancienne, et que par la suite elle ait été fissurée. L'érosion et la fonte

1. Il s'agit de simples mentions de l'existence de paises dans l'extrême nord du Québec-Labrador.

2. Elles ont d'abord été signalées à l'ACFAS (DIONNE, 1980). Toutefois, la difficulté de poursuivre les travaux de terrain dans la région de Blanc-Sablon nous incite à les porter à l'attention des chercheurs sans plus tarder.

2a. Un article de COLLINS *et al.* (1984) paru après le dépôt de cet essai fait état de paises au Wyoming, dans les montagnes de Bear-tooth, à une altitude de 2950 m (44°54' N). Ce site alpin serait donc le site de paises le plus méridional connu en Amérique du Nord.

se seraient faites, d'une part, à partir des réseaux de fissures et, d'autre part, à partir des sommets érodés par le vent et le ruissellement. De nombreuses paises montrent en effet une zone centrale déprimée.

Les paises ont généralement entre 100 et 300 cm de hauteur, le plus souvent autour de 175 à 200 cm (fig. 6). Elles sont constituées en surface d'une couche de tourbe de 75 à 100 cm d'épaisseur et en profondeur d'un cœur minéral

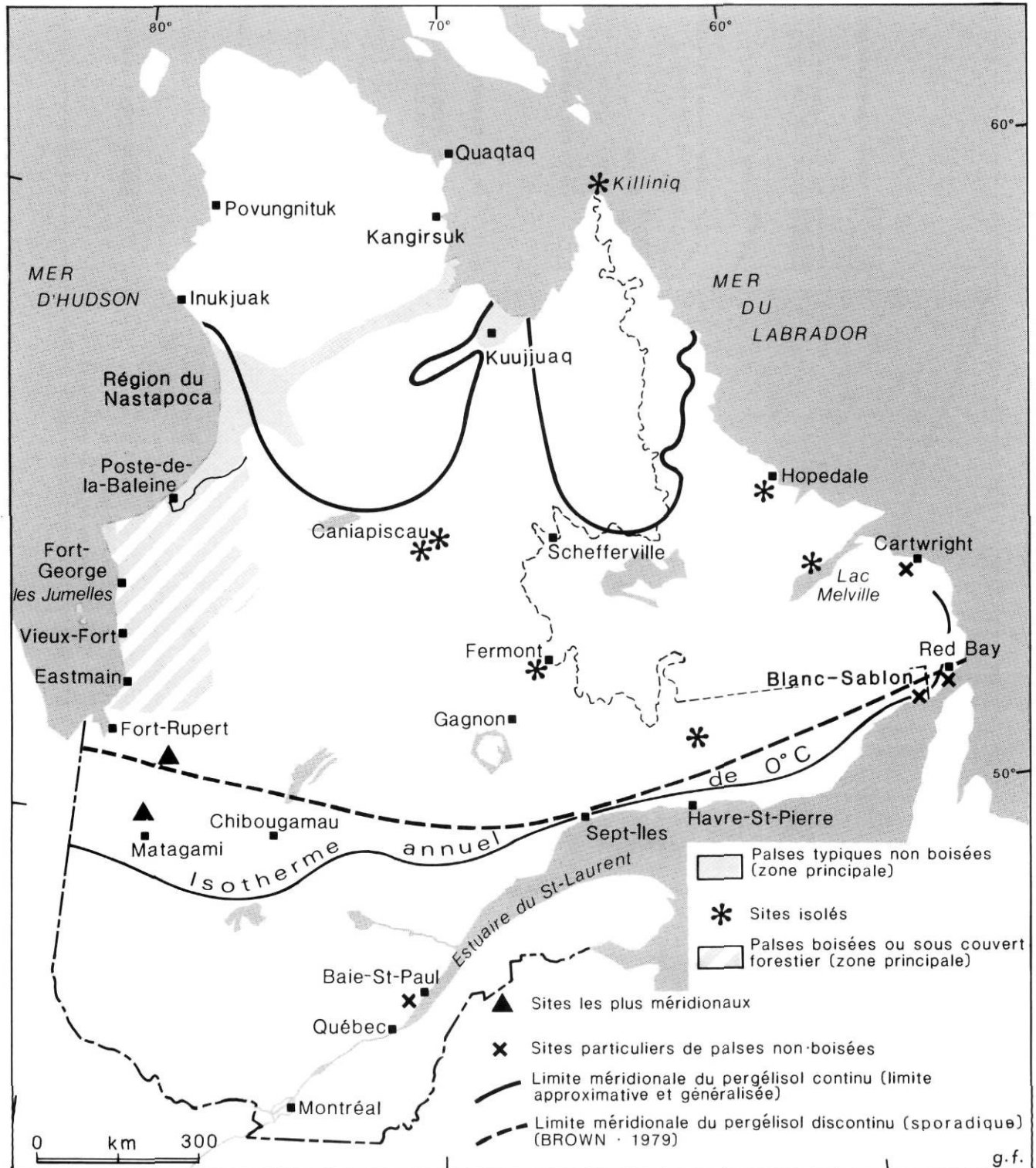


FIGURE 1. Carte de localisation; répartition générale des paises au Québec et limites du pergélisol.

Location map: palsa distribution in Québec and permafrost limits.

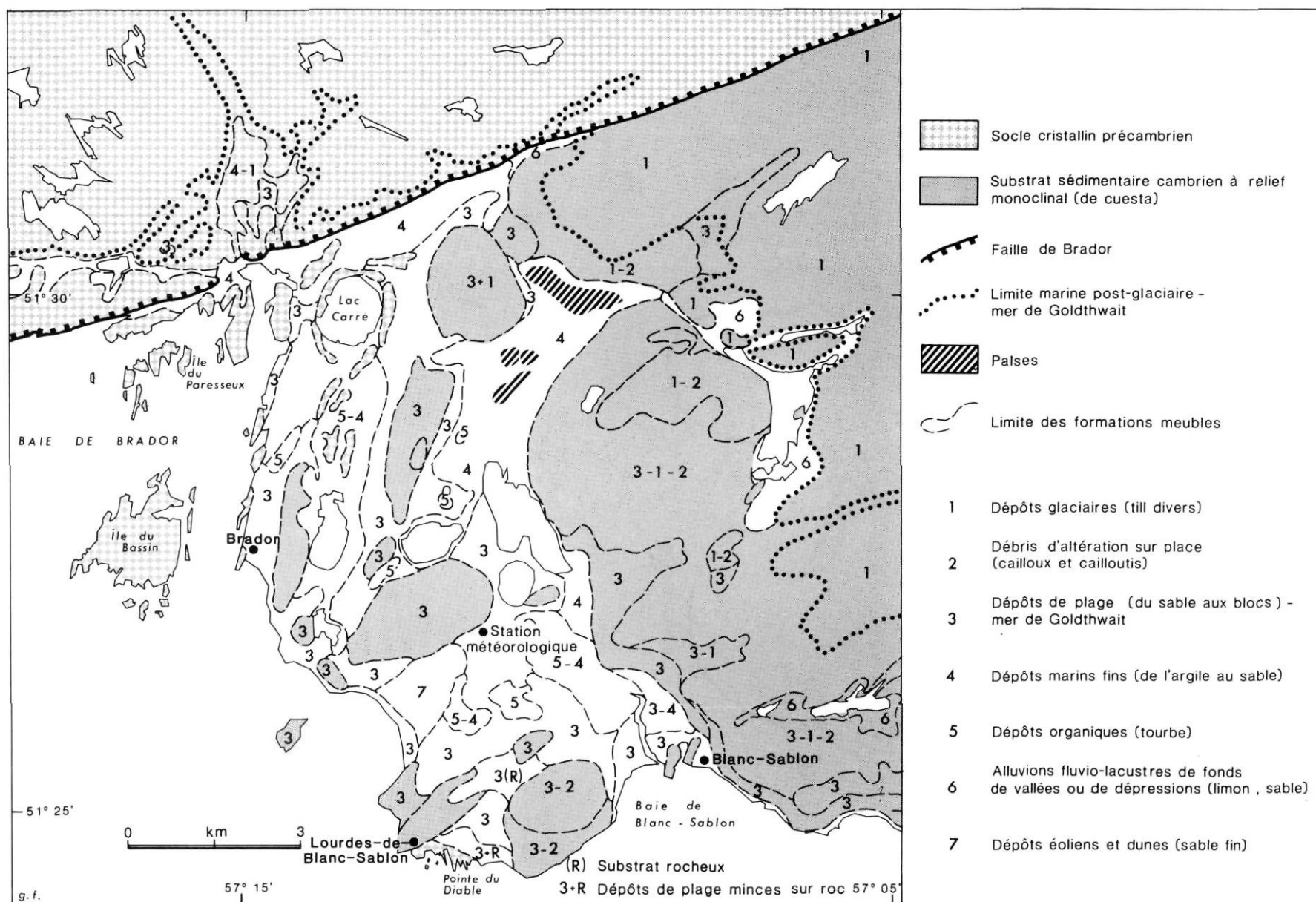


FIGURE 2. Croquis morphologique de la région de Blanc-Sablon.

A geomorphologic sketch of the Blanc-Sablon area.

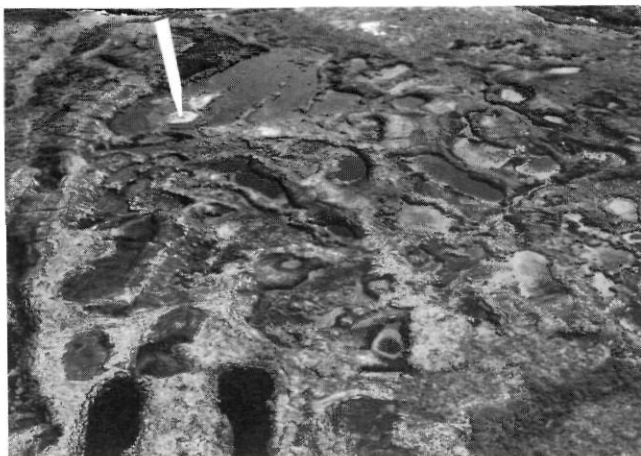


FIGURE 3. Vue aérienne oblique du champ de paises le plus septentrional de Blanc-Sablon, montrant un complexe palsique formé de crêtes allongées défoncées de mares thermokarstiques. À remarquer l'importance des surfaces de tourbe dénudées (20-8-79).

An oblique aerial view of the northernmost palsa bog in the Blanc-Sablon area, showing long peat ridges pitted by numerous thermokarst hollows. Note the extent of the eroded peat cover (8-20-79).



FIGURE 4. Allure générale au sol des paises de la région de Blanc-Sablon; à remarquer les sommets dénudés et les cuvettes thermokarstiques.

Typical aspect of palsas at Blanc-Sablon; note eroded peat surface and thermokarst depressions.

composé de sable fin gris et de limon stratifiés. Par endroits, sur le pourtour du champ de paises principal, on observe des cailloux épars de 50 à 250 cm de grand axe (fig. 7); ces dalles de grès anguleuses proviennent des cuestas environnantes mais néanmoins à plusieurs centaines de mètres de distance. Elles étaient vraisemblablement dans les sédiments meubles quaternaires sous-jacents à la tourbe. Les processus cryogènes les auraient rejetées en surface. Ce phénomène a déjà été signalé ailleurs (ÅHMAN, 1977, photo 44).

Les paises ne sont pas boisées. Le tapis superficiel comprend surtout des lichens avec quelques autres espèces dont *Empetrum* sp., *Vaccinium* sp., *Rubus* sp., *Ledum* sp. et quelques touffes de carex et de sphaignes dans les creux humides. La tourbe elle-même est composée en grande partie



FIGURE 5. Cuvette thermokarstique en voie d'expansion; la tourbe des flancs s'éboule progressivement dans la mare.

A thermokarst depression in process of enlarging: note peat slumping into the depression.



FIGURE 6. Sommets plats, tangeants et dénudés des buttes palsiques de Blanc-Sablon et réseau de fissures élargies par la fonte.

Level and eroded surface of palsas at Blanc-Sablon with a pattern of enlarged fissures.

de sphaignes et accuse un certain degré de décomposition. Ici et là on observe des touffes d'éricacées et de petits arbustes (saules et bouleaux). La surface des paises est souvent décapée ou érodée par le vent et par les eaux de ruissellement. On remarque aussi des réseaux de fissures résultant des tensions engendrées par le bombement causé par la ségrégation de glace dans le substrat minéral (fig. 8).

Le 20 août 1979, le plafond du pergélisol se trouvait à 30 cm de la surface des buttes décapées. Il n'y avait pas de pergélisol dans les mares (fig. 9); l'épaisseur de la tranche d'eau dans ces dernières variait de 50 à 125 cm. L'examen des photos aériennes montre une plus grande abondance des cuvettes thermokarstiques dans les tourbières les plus méridionales. L'allure générale des champs de paises de



FIGURE 7. Bloc de grès pointant à travers le tapis tourbeux.
An angular sandstone block projecting through the peat cover.

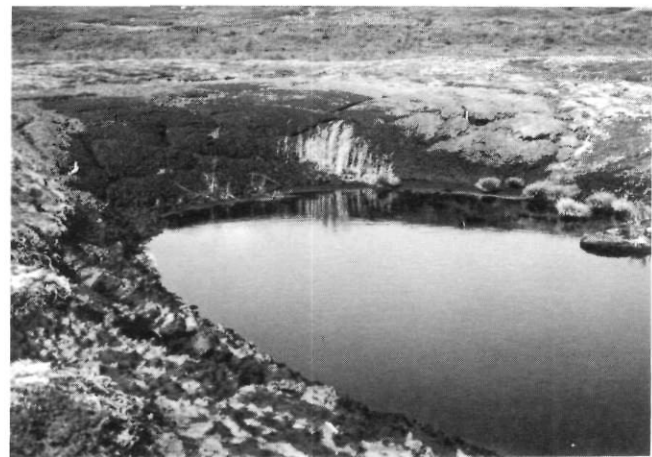


FIGURE 9. Petite cuvette thermokarstique au centre d'une palse.
A small thermokarst hollow in the center of a palsa.



FIGURE 8. Réseau de fissures de tension dans le tapis tourbeux au sommet d'une palse; les fissures ont été élargies par les eaux du ruissellement.

A polygonal network of tension fissures in the peat cover of a palsa; note that fissures have been eroded by running meltout water.

Blanc-Sablon suggère un pergélisol en voie de dégradation. Contrairement à ce que l'on peut observer en Hudsonie, nos observations sommaires n'ont pas permis d'identifier de paises en voie de formation. Les paises de Blanc-Sablon sont donc des paises typiques (WASHBURN, 1983a), *i.e.* des buttes non boisées, à cœur minéral et couverture de tourbe, semblables aux paises de la région de Poste-de-la-Baleine et des pays scandinaves.

SOMMAIRE DES DONNÉES CLIMATIQUES

La station météorologique de l'aéroport de Blanc-Sablon, sise à 19 m d'altitude, ne fonctionne que depuis 1968 (QUÉBEC, 1983). Bien que les données soient trop fragmentaires pour permettre une analyse valable du climat, on résumera les données les plus utiles à la compréhension de l'existence de paises dans cette région (tabl. I).

La température moyenne annuelle de l'air est de 0,6°, alors que les températures maximale et minimale annuelles sont

TABLEAU I

Caractéristiques du climat de Blanc-Sablon (période de 1968-1983)

A. TEMPÉRATURES:	
Température moyenne annuelle de l'air:	0,6°
Température maximale, moyenne annuelle:	4,2°
Température minimale, moyenne annuelle:	- 3,0°
Température maximale absolue:	25,6°
Température minimale absolue:	- 33,9°
Amplitude thermique annuelle moyenne:	7°
Température moyenne de janvier:	- 11,2°
Température moyenne d'août (mois le plus chaud):	11,7°
Température moyenne des mois d'hiver (novembre-avril):	- 6,4°
Température des mois d'été (mai-octobre):	7,5°
Nombre de jours de gel:	205
Date moyenne du début de la saison de gel:	30 septembre
Date moyenne de la fin de la saison de gel:	2 juin
Indice de gel en degrés-jours Celsius:	1227 (approx.)
Indice de dégel en degrés-jours Celsius:	1388 (approx.)
B. PRÉCIPITATIONS:	
Précipitations totales moyennes:	1205 mm
Précipitations moyennes en pluie:	680 mm
Précipitations en neige moyennes:	525 cm dont 76% de décembre à mars
Épaisseur moyenne de la neige au sol (décembre à mars):	29 à 73 cm
C. INSOLATION (période 1941-1970)	
Moyenne annuelle:	entre 1500 et 1600 h
Moyenne d'été (mai-septembre):	900 h
Évaporation potentielle moyenne annuelle:	412 mm

respectivement de 4,2° et -3°. La température moyenne du mois le plus froid (janvier) est de -11,2°, celle du mois le plus chaud (août), de 11,7°. Six mois ont une température moyenne inférieure à 0°. Les températures des mois de l'hiver (novembre-avril) et de l'été (mai-octobre) sont respectivement de -6,4° et 7,5°. Les températures maximale et minimale absolues enregistrées sont de 25,6° et de -33,9°. Le nombre de jours de gel est en moyenne de 205. Les indices de gel et de dégel en degré-jours Celsius seraient respectivement de 1227 et 1388. Il y a donc un bilan positif de la température annuelle de l'air dans cette région, l'indice de dégel étant supérieur de 161 degrés-jours par année.

La moyenne des précipitations annuelles est de 1205 mm, avec 261 mm en décembre et janvier, les deux mois d'hiver les plus humides. La moyenne annuelle des précipitations en pluie est de 680 mm avec une moyenne de 111 mm en août, le mois le plus pluvieux. La moyenne annuelle des précipitations neigeuses est de 525 cm. La neige tombe d'octobre à mai, pour une période annuelle médiane de 180 jours; les mois de décembre à mars sont les plus neigeux avec 404 cm, soit 77% des précipitations neigeuses. Toutefois, l'épaisseur moyenne de la neige au sol n'excède jamais 75 cm, celle-ci étant de 57, 73 et 66 cm respectivement pour les mois de janvier, février et mars (tabl. II).

Une autre caractéristique importante du climat de Blanc-Sablon est la faible insolation: moins de 900 heures en été (mai-septembre) et entre 1500 et 1600 pour la moyenne annuelle, pour la période de 1941-1970 (YORKE et KENDALL, 1972). Durant cette période, la brume ou le brouillard est fréquent sur la côte, ce qui a pour effet non seulement de réduire l'évaporation mais aussi d'abaisser la température des mois d'été. Cette dernière est également influencée par la masse d'eau froide (courant du Labrador) pénétrant dans le détroit de Belle-Isle et y favorisant même l'introduction d'icebergs. En hiver (décembre-mars), la proximité de l'Atlantique atténue les températures dans une certaine mesure seulement, car la masse d'eau demeure froide et est couverte de glace sur une distance de plusieurs kilomètres.

En somme, le climat de la région de Blanc-Sablon est de type maritime atténué, humide et relativement froid durant toute l'année. Il peut donc favoriser certains phénomènes périglaciaires (DIONNE, en préparation).

LIMITE MÉRIDIONALE DES PALSES ET CONTEXTE CLIMATIQUE

Une brève revue de la littérature récente sur les paises en Europe, en URSS, au Canada et au Québec-Labrador

permet de mettre en évidence la limite méridionale des paises et leur répartition géographique au nord de l'isotherme annuel de l'air de 0°. Suivant les régions, l'aire de plus grande fréquence ou abondance correspond aux isothermes annuels de -2° à -3° en Scandinavie, de -2° à -5° au Canada et de -4° à -6° au Québec. Au Canada, dans la vallée du Mackenzie, on trouve des paises jusqu'à la latitude de Fort McPherson (67°30' N), soit la limite méridionale du pergélisol continu qui correspond à peu près à l'isotherme annuel de -8,5° (ZOLTAI et TARNOCAL, 1975). Au Québec, l'aire principale des paises se trouve en Hudsonie, entre le 55° et le 58° N, mais il en existe jusqu'en Ungava (LAGAREC, 1976; SAVOIE et GANGLOFF, 1980; GANGLOFF et PISSART, 1983; MATHIEU et GANGLOFF, 1983), dans des régions où la température moyenne de l'air est de -6° à -7°. En Norvège, les paises les plus septentrionales ont été observées au nord du 70° lat. N, dans la région de la mer de Barents (ÅHMAN, 1977, p. 102); la température moyenne annuelle y est de l'ordre de 0° à -1°, mais ce n'est pas la région la plus froide; à l'intérieur, dans la zone principale des paises non boisées, la température moyenne annuelle est de -2° à -3°. Mentionnons aussi l'existence de paises dans les régions à pergélisol continu (ÅKERMAN, 1982; WASHBURN, 1983b).

A. LES PALSES EN EUROPE DU NORD

Les paises sont relativement fréquentes en Europe du Nord, en particulier en Fennoscandie. Étudiées par de nombreux chercheurs depuis une cinquantaine d'années, leur répartition géographique est présentement assez bien connue (VORREN, 1967, fig. 5; HYVÖNEN, 1972, fig. 1; SOLLID et SØRBEL, 1974, fig. 2).

On possède suffisamment de données climatiques pour affirmer que les paises actives se rencontrent partout au nord de l'isotherme annuel de -1° (RAPP, 1982), bien que quelques champs de paises ou des paises isolées, souvent reliques, existent ici et là, dans des zones où la température moyenne annuelle de l'air est comprise entre 0° et -1°. D'après SOLLID et SØRBEL (1974), le site de paises le plus méridional de la Fennoscandie serait entre 1100 et 1200 m d'altitude, à la latitude 62°21' N. D'après ÅHMAN (1977, p. 141), en Norvège, il n'y aurait qu'un seul site de paises connu au-dessus de l'isotherme annuel de 0°; ce dernier est à Lakselv à la tête du fjord Porsangen (au nord du 70° N); il s'agit de paises minérales dont la couche de tourbe aurait été érodée; ces paises seraient reliques. Un examen de la littérature récente a permis d'extraire les données suivantes sur la limite méridionale des paises et le contexte climatique en Islande, en Norvège, en Suède et en Finlande.

TABLEAU II

Température mensuelle et épaisseur de la neige au sol à Blanc-Sablon

	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avril
T° moy. ann.	-0,83°	-7,74°	-11,2°	-11,6°	-6,43°	-1,48°
Neige au sol (cm):	7,85	28,62	57,31	72,85	66,38	12,62

1. Islande

FRIEDMAN *et al.* (1971) ont décrit les paises minérales dans les hauts plateaux du centre de l'Islande, au-dessus de 500 m d'altitude. Dans les trois sites étudiés, l'un contient de petites paises en formation d'environ 50 cm de hauteur avec une couche tourbeuse de 15 à 25 cm d'épaisseur; un autre site contient des buttes isolées de 15 à 25 m de diamètre et d'une hauteur n'excédant pas 3 m; la couche tourbeuse en surface fait entre 15 et 25 cm d'épaisseur et recouvre un cœur minéral gelé; le pergélisol apparaît entre 60 et 95 cm de profondeur; ces buttes font l'objet d'une érosion éolienne importante, alors que le ruissellement dégrade les parois latérales. Un troisième site de paises contient surtout des formes en décrépitude.

Les auteurs estiment que les paises islandaises ont une tendance générale à la dégradation. La température moyenne annuelle est comprise entre $-1,2^{\circ}$ et $-1,9^{\circ}$, la température moyenne étant inférieure à 0° pendant huit mois; la température des mois d'été (juin — septembre) est comprise entre $5,2^{\circ}$ et $5,5^{\circ}$; les précipitations annuelles sont comprises entre 433 et 760 mm.

Récemment, PRIESNITZ et SCHUNKE (1978) ont inventorié les paises des hauts plateaux islandais et préparé une carte de leur répartition. Principalement concentrées dans les tourbières du centre, entre 460 et 720 m d'altitude, on en trouve aussi quelques sites dans la péninsule du NO (SCHUNKE, 1973). Les tourbières à paises sont généralement à de faibles distances des calottes glaciaires. Les paises ont entre 1 et 10 m de diamètre, 50 à 120 cm de hauteur et ne sont habituellement pas boisées. Une couverture tourbeuse de 30 à 40 cm d'épaisseur abrite un cœur minéral de matériel fin contenant de la glace de ségrégation. Il existe divers stades d'évolution comprenant des paises en voie de formation et d'autres en voie de dégradation.

L'analyse des données climatiques a conduit les auteurs à affirmer que le pergélisol prenait de l'expansion depuis une quinzaine d'années en raison d'un refroidissement particulièrement sensible à l'automne. Les paramètres climatiques des sites de paises en formation de la station de Hveravellir, à 642 m d'altitude, sont les suivants pour la période de 1966 à 1975: la température moyenne annuelle est de $-1,1^{\circ}$; la température moyenne du mois le plus froid (février) et du mois le plus chaud (août) est respectivement de $-6,6^{\circ}$ et $6,2^{\circ}$; le nombre de jours de gel est de 238; les indices de gel et de dégel en degrés-jours Celsius sont respectivement de 1165 et 760; les précipitations moyennes annuelles totalisent 795 mm; la couverture neigeuse s'étend de novembre à mai (210 jours); son épaisseur moyenne au sol est de 20 à 50 cm.

2. Norvège

De nombreux auteurs ont étudié les paises en Norvège. L'essentiel est contenu dans la thèse d'ÅHMAN (1977). D'après ce dernier, les paises se rencontrent en très grande majorité entre le 68° et le 70° de latitude N et entre le 22° et le 26° de longitude E; la température moyenne annuelle y est comprise entre -2° et -3° ; toutefois, dans la partie septentrionale³

de la principale zone de paises, la température moyenne annuelle est comprise entre 0° et -1° . On compte 120 jours de température inférieure à -10° , et les précipitations moyennes annuelles sont inférieures à 400 mm, avec environ 100 mm au cours de l'hiver (décembre — mars).

D'après SOLLID et SØRBEL (1974), les paises les plus méridionales de la Norvège seraient dans la région de Dovrefjell ($62^{\circ}21' N$, $9^{\circ}45' E$). Un autre site légèrement plus septentrional (vers le $63^{\circ} N$) aurait été signalé par NORDHAGEN (1928), un peu plus au nord. D'après SOLLID et SØRBEL, (1974, fig. 2), à Dovrefjell, il s'agit de petites paises et de plateaux palsiques ayant une hauteur de 30 à 100 cm composés d'une couche tourbeuse de 35 cm d'épaisseur et d'un cœur minéral fin gelé. Les auteurs précisent que les paises sont fortement dégradées et que tous les autres sites de paises de la Norvège centrale montrent une tendance générale à la dégradation. Ils attribuent celle-ci à une amélioration climatique (p. 59). La température moyenne annuelle dans la région de Dovrefjell est inférieure à $-0,5^{\circ}$, avec 195 jours de température inférieure à 0° , et des précipitations hivernales (novembre — avril) de moins de 170 mm.

3. Suède

En Suède, les paises sont concentrées dans la partie septentrionale, à la frontière entre la Norvège et la Finlande, à savoir au nord du 67° et surtout vers le 68° de lat. N. Il n'y aurait qu'une dizaine de sites entre le 66° et le 67° de lat. N (LUNDQVIST, 1951, fig. 10; LUNDQVIST, 1962, fig. 37; SOLLID et SØRBEL, 1974, fig. 2).

Selon LUNDQVIST (1962, p. 93), qui a fait une synthèse des données disponibles à l'époque, en Suède, les paises actives sont situées dans des régions où la température moyenne annuelle est comprise entre -2° et -3° , avec 200 à 210 jours de températures sous 0° , et des précipitations d'hiver (novembre — avril) inférieures à 300 mm dont moins de 120 cm de neige.

SOLLID et SØRBEL (1974, p. 53-54) mentionnent deux sites possibles de paises dans le centre de la Suède, soit à l'ouest d'Ostesund, près de la frontière norvégienne, au nord du $63^{\circ}30' N$. Un des sites signalés par SMITH (1911, p. 529) au SE du mont Helags (Härjedalen), serait disparu, LUNDQVIST (1969a, p. 118) n'ayant pu le retrouver. Par contre, ce dernier a observé un autre site de petites paises d'environ 100 cm de matériel gelé légèrement plus au nord. D'après l'atlas de la Suède (M. LUNDQVIST, 1953), la température moyenne annuelle serait de -1° , celle de janvier et juillet de -12° et $10^{\circ}C$; il y aurait environ 225 jours de gel; les précipitations moyennes annuelles totaliseraient environ 800 mm dont 30 à 35% tombent sous forme de neige.

3. Il convient de signaler au lecteur qu'en Norvège, contrairement au Canada, les isothermes annuels de l'air sont plus élevés au nord sur la côte qu'à l'intérieur des terres où se trouvent la majorité des paises. Il faut donc parler de la limite septentrionale; la limite méridionale correspond aux sites trouvés au centre de la Norvège vers le $62^{\circ}N$.

4. Finlande

En Finlande, les paises sont aussi concentrées dans la partie septentrionale du pays (VORREN, 1967; HYVÖNEN, 1972, p. 75; SEPPÄLÄ, 1979, p. 82), notamment dans les régions d'Enontekiö et d'Inari, soit entre le 68° et le 70° de lat. N. SALMI (1968, 1970, 1972) et SEPPÄLÄ (1979, 1982a) s'entendent pour affirmer que les paises actives typiques avec couverture tourbeuse et cœur minéral, de 50 cm à 7 m de hauteur, se rencontrent au nord de l'isotherme annuel de -1° , là où il y a 200 jours de température au-dessous de 0° et une moyenne annuelle des précipitations inférieure à 450 mm. Dans la plupart des sites, on retrouve des paises en formation, d'autres arrivées à maturité et d'autres en voie de décrépitude. D'après SALMI (1972, p. 133), la période dite du Subboréal aurait été particulièrement favorable à la formation des paises en Finlande. Dans une étude récente, SEPPÄLÄ (1982b) affirme qu'en Finlande, l'épaisseur minimale de la couche de tourbe au droit des paises est d'environ 50 cm. Si elle est plus mince ou inexistante, les paises se dégradent ou ne se forment pas.

B. LES PALSES EN URSS

En URSS, les paises sont apparemment assez largement répandues, en particulier dans la péninsule de Kola et dans le sud de la Sibérie; dans la partie septentrionale de la taïga russe où on les appelle *torfyanoy bugor*. Des problèmes de langue rendent difficile une revue des travaux consacrés aux paises en URSS. Un nombre restreint de données est fourni ici à titre indicatif.

D'après KOLASINSKA (1972), la plupart des paises de la péninsule de Kola, au NO de l'URSS, sont dans une région à l'est de Mourmansk où la température moyenne annuelle est comprise entre -1° et -2° , avec une température moyenne d'été de 9° et d'hiver de -8°C . L'auteur considère, toutefois, que les paises de la péninsule de Kola sont en voie de dégradation.

Une étude de SPOLANSKAYA et EVSEYEV (1973) dans la région de Pravaya Khetta, à l'est de la rivière Nadym en Sibérie occidentale, au sud du golfe d'Obsskaya Guba (vers le 65° lat. N.), fournit quelques données sur la température au sol et au droit des paises tourbeuses et minérales de la Sibérie occidentale. La température moyenne annuelle à la surface du sol est inférieure à 0°C , alors qu'en profondeur elle est comprise entre -1° et -6° . On peut donc en déduire que la température moyenne annuelle de l'air correspond au moins à l'isotherme de -1°C . Les auteurs considèrent les paises étudiées comme des formes reliques de pergélisol en voie de dégradation dans le nord de la taïga sibérienne.

En Sibérie orientale, KATZ (1948) indique la présence de paises dans la région de la rivière Anabar, vers la latitude 70° N et entre les longitudes 110° et 115° E, soit à l'ouest de la Léna, juste au sud de la limite septentrionale des arbres. Dans ce secteur, la température moyenne annuelle serait de l'ordre de -5° à -6° ; les températures moyennes de janvier et de juillet seraient respectivement de l'ordre de -34° et 12° ; les précipitations d'hiver et d'été atteindraient, respectivement, entre 50 et 100 mm et entre 150 et 300 mm.

D'autres auteurs, comme P'JAVCENKO (1955) et SUSLOV (1961, p. 134), ont signalé des paises dans des régions de la Sibérie où les conditions climatiques sont trop rigoureuses pour qu'il s'agisse des sites les plus méridionaux.

C. LES PALSES AU CANADA CENTRAL ET ORIENTAL

Dans l'état actuel des connaissances, la limite méridionale des paises au Canada correspondrait à l'isotherme annuel de l'air de 0° (BROWN, 1973, p. 62). Mentionnons tout de suite qu'aux environs de cet isotherme, la plupart des paises et des plateaux de tourbe gelée⁴ observés sont dans un équilibre fragile et souvent en voie de dégradation, bien qu'il s'en forme parfois de nouvelles et qu'elles se développent uniquement dans des sites favorables où la couverture de neige est mince et l'eau abondante. En général, les paises et les plateaux de tourbe gelée apparaissent à partir de l'isotherme annuel de -1° .

1. Colombie-Britannique

En Colombie-Britannique, SEPPÄLÄ (1980) a observé des paises tourbeuses et minérales de 50 à 300 cm de hauteur, à environ 1000 m d'altitude, dans la région de Creek Valley (59°51'N.). À défaut de station météorologique plus rapprochée, on se servira des données de la station d'Atlin sise à 45 km au sud, à 683 m d'altitude (ENVIRONNEMENT CANADA, 1973). La température moyenne annuelle de l'air y est de $-0,1^{\circ}\text{C}$; les températures moyennes de janvier et de juillet sont respectivement de $-16,6^{\circ}$ et $12,6^{\circ}$; le nombre de jours de gel est de 218; les précipitations annuelles sont de 281 mm dont 121 cm de neige. SEPPÄLÄ estime toutefois, que la température moyenne annuelle dans le secteur des paises est comprise entre -2° et -3° . Les paises accusent divers stades de développement; certaines sont jeunes et en croissance, d'autres sont arrivées à maturité et d'autres sont en voie de dégradation.

De son côté BROWN (1967) a relevé sept sites de paises et de plateaux de tourbe gelée dans le nord de la Colombie-Britannique entre le 58° et le 60° de lat. N. Dans ces sites, l'épaisseur de la tourbe varie entre 25 et 215 cm, alors que l'épaisseur du pergélisol est comprise entre 20 et 400 cm avec une médiane de 90 cm. Fort Nelson (58°50'N) et Watson Lake (60°07'N) sont deux bonnes stations de référence pour les données climatiques de ce secteur. La température moyenne annuelle de l'air est de $-1,1^{\circ}$ à Fort Nelson et de $-2,6^{\circ}$ à Watson Lake. Les températures de janvier et de juillet y sont respectivement de $-22,4^{\circ}$ et $-24,5^{\circ}$ et de $16,8^{\circ}$ et $15,1^{\circ}$. Le nombre de jours de gel annuel serait de 219 à Fort Nelson. Les précipitations annuelles moyennes sont de 434 mm dans la première station et de 432 mm dans la seconde, alors que les chutes de neiges moyennes totalisent respectivement 172 et 212 cm (ENVIRONNEMENT CANADA, 1973).

4. L'expression plateau de tourbe gelée traduit l'expression anglaise *peat plateau*; près de la limite méridionale du pergélisol, il s'agit d'une masse de tourbe gelée flottant sur la tourbe non gelée; ce n'est donc pas la même chose que le *plateau palsique*, qui lui, à l'instar des paises, contient un cœur minéral gelé recouvert de tourbe et se rencontre plus au nord.

Mentionnons aussi qu'il existe des paises au Yukon et dans les Territoires-du-Nord-Ouest adjacents à la Colombie-Britannique et à l'Alberta (BROWN, 1964, 1967; ZOLTAI et TARNOCAI, 1975; KERSHAW et GILL, 1979). Nous n'insistons pas sur ces sites, car ils sont largement au nord de la limite méridionale des paises, limite qui nous intéresse plus particulièrement pour comparaison avec Blanc-Sablon. Il convient toutefois de signaler que les paises et les plateaux palsiques des monts Selwyn, près de la passe Macmillan (63°15'N), dans les Territoires-du-Nord-Ouest, entre 1285 et 1690 m d'altitude, étudiés par KERSHAW et GILL (1979) montrent une dégradation générale depuis une trentaine d'années. Selon ces auteurs, il ne se formerait pas actuellement de nouvelles paises ni de plateaux palsiques. Pourtant, la température moyenne annuelle de l'air est de l'ordre de -3° avec des moyennes de janvier de $-19,4^{\circ}$ et de juillet de $6,7^{\circ}$. Les précipitations annuelles moyennes totalisent 760 mm et les chutes de neige, 343 cm.

2. Alberta

En Alberta, G. BROWN (1980) a signalé de petites paises minérales (50 à 100 cm de hauteur) avec une mince couverture tourbeuse (une dizaine de centimètres), dans la vallée inférieure de Rock Creek, non loin de Grande-Cache. Les sites sont dans des fens à 1400 m d'altitude (53°27' N). À la station de météo de référence, sise à 70 km au NO mais à 1200 m d'altitude, la température moyenne annuelle de l'air est de 0°C ; les températures moyennes de janvier et de juillet sont respectivement de -9° et $12,6^{\circ}$; les précipitations annuelles seraient faibles (environ 530 mm) et la neige (environ 175 cm) balayée par les vents forts en hiver. G. BROWN (1980, p. 37) estime que la température moyenne annuelle au site mentionné avoisine ou est inférieure à 0°C . Il considère que le développement de ces jeunes paises (moins de 25 ans) est lié aux étés froids et aux hivers venteux.

MOSS (1953) a aussi signalé quelques sites de tourbières à paises dans le nord-ouest de l'Alberta. Les deux sites les plus méridionaux sont, l'un, près de Grimshaw à l'ouest de Peace River (56°15' N, 117°30' O) et, l'autre, près de Keg River (57°45' N, 117°50' O). Les données climatiques pour Peace River (ENVIRONNEMENT CANADA, 1973) indiquent une température moyenne annuelle de $0,1^{\circ}$ avec des moyennes de janvier et de juillet, respectivement, de $-20,9^{\circ}$ et de $15,9^{\circ}$, et 217 jours de gel. Il tombe, en moyenne, par année, 370 mm de précipitations dont 225 mm de pluie et 145 cm de neige.

D'après les relevés de BROWN (1964), dans le nord de l'Alberta et le sud du district de Mackenzie (T.-N.-O.), entre Keg River (57°47' N) et Hay River (60°45' N), il y aurait au moins cinq sites de paises et de plateaux palsiques, avec une épaisseur de tourbe comprise entre 45 et 150 cm et une épaisseur du pergélisol variant entre 60 et 127 cm. Keg River (Alberta) et Hay River (T.-N.-O.) sont les deux stations de référence. La température moyenne annuelle de l'air y est respectivement de $-0,8^{\circ}$ et $-3,8^{\circ}$. Les températures de janvier et juillet dans ces deux sites sont respectivement de $-21,5^{\circ}$ et $-20,6^{\circ}$ et de $15,7^{\circ}$ et $20,6^{\circ}$. Le nombre de jours de gel serait respectivement de 216 et 227. Les précipitations an-

nuelles moyennes sont de 380 mm à Keg River et de 305 mm à Hay River, alors que les chutes de neige totalisent respectivement 138 et 165 mm (ENVIRONNEMENT CANADA, 1973).

BROWN (1964, p. 22) évoque la possibilité que le pergélisol dans les sites les plus méridionaux soit ancien et relique. Il écrit: «*At Keg River, however, the permafrost may have formed when air temperatures were lower than they are at present, and perhaps it is now degrading. The present air temperatures are sufficiently high to render the formation of permafrost today most improbable. Its existence is probably being maintained by the moss and peat cover.*»

3. Saskatchewan

En Saskatchewan, ZOLTAI (1971, 1972) a observé des paises et des plateaux de tourbe gelée dans la région de Flin Flon à la frontière avec le Manitoba, dans la zone de pergélisol discontinu. Les paises sont, toutefois, peu fréquentes et situées au nord du 55° lat. N, alors que les plateaux de tourbe gelée et boisés, plus fréquents, ont une répartition plus méridionale comprise entre le 54° et le 55° de lat. N. Dans les plateaux de tourbe, le pergélisol serait restreint à la tourbe; dans les paises, il affecte à la fois la tourbe et le minéral. Les paises ont, en général, entre 100 et 300 cm de hauteur. Le site le plus méridional de plateaux de tourbe gelée connu est au nord du 54°10'N et près du 103°45'O.

Les données climatiques pour la station de Flin Flon, Manitoba, (ENVIRONNEMENT CANADA, 1973) sont les suivantes: la température moyenne annuelle est de $-0,5^{\circ}$, avec des moyennes de janvier et de juillet respectivement de $-21,8^{\circ}$ et $21,1^{\circ}$ et 205 jours de gel. Les précipitations annuelles totalisent 443 mm, les chutes de neige, 137 cm. ZOLTAI (1972, p. 209) considère que le climat actuel est favorable à la formation de plateaux de tourbe gelée. Les divers stades d'évolution de ceux-ci traduiraient des facteurs locaux plutôt qu'une détérioration climatique régionale. Bien que l'auteur ne parle pas spécifiquement de la température moyenne annuelle dans les sites de paises, on peut l'estimer autour de -1° . Toutefois, la zone la plus méridionale, caractérisée par des «paises» boisées et crevées (ZOLTAI, 1971, p. 308) avoisine l'isotherme annuel de 0° , tout comme en Jamésie.

De son côté, BROWN (1965) a relevé sept sites de paises et de plateaux de tourbe gelée de 60 à 100 cm de hauteur dans des tourbières à sphaignes. L'épaisseur de la tourbe varie entre 60 et 220 cm et celle du pergélisol entre 50 et 180 cm. Tous ces sites sont localisés au nord de Prince Albert, le site le plus méridional étant près du lac Waskesiu. Dans ce secteur de la Saskatchewan, la température moyenne annuelle de l'air est comprise entre $-0,6^{\circ}$ et $-2,4^{\circ}$. Les températures de janvier et de juillet sont respectivement de $-21,7^{\circ}$ et $-24,3^{\circ}$ et de $16,7^{\circ}$ et $18,2^{\circ}$. Le nombre de jours de gel serait de 218 à Prince Albert. Les précipitations moyennes annuelles sont respectivement de 406 et 495 mm, alors que les chutes de neige totalisent 125 et 173 cm. BROWN (1965, p. 24) précise que le pergélisol est très rare au sud de l'isotherme annuel de -1° et, qu'en général, la température au sol est supérieure à celle de l'air. On peut donc en déduire

qu'il n'existe pas de paises au sud de l'isotherme annuel de 0° en Saskatchewan.

4. Manitoba

Plusieurs sites de paises et de plateaux de tourbe gelée sont connus au Manitoba (ZOLTAI, 1971, 1972; THIE, 1974). D'après la carte de ZOLTAI (1972, p. 293), leur répartition géographique montre une forte concentration autour de Flin Flon et le site le plus méridional est à mi-chemin entre cette localité et Le Pas. Il existe deux sites de paises plus à l'est, au nord du lac Winnipeg (54°40'N) et deux sites de plateaux de tourbe gelée dans la région de Thompson (55°40'N). D'après ZOLTAI et TARNOCAL (1971), il existerait un complexe paisique boisé à 9 km au sud de Cranberry Portage (54°31'N, 101°22'O).

Les données climatiques pour la région de Flin Flon ont été fournies ci-dessus. Celles de la région de Thompson sont tirées de BROWN (1973) et de LONGLEY (1972). La température moyenne annuelle est de -3,5° avec des moyennes de janvier et juillet, respectivement, de -22,5° et 16,1°. La température de l'été (juin — septembre) est d'environ 13°, celle de l'hiver (octobre — mai), d'environ -12°. Le nombre de jours de gel serait de 280. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 432 mm, alors que les chutes de neige totalisent environ 152 cm. L'épaisseur de la neige au sol, en hiver, est comprise entre 29 et 42 cm. Dans le secteur de Cranberry Portage, la température moyenne annuelle est de -1,2° avec des températures moyennes maximales de 4,2° et minimales de -6,5°; les précipitations moyennes annuelles sont de 441 mm dont le tiers tombe sous forme de neige; l'épaisseur maximale de la neige au sol, à la fin février, est de l'ordre de 66 cm, le maximum et le minimum observés étant respectivement de 86 et 46 cm.

Il convient de remarquer ici que l'aire d'extension méridionale des paises est légèrement plus nordique que celle des plateaux de tourbe gelée; à noter aussi que les plateaux de tourbe gelée sont généralement boisés, alors que les paises le sont plus rarement et que partiellement. Dans les divers sites mentionnés par ZOLTAI (1972), les paises et les plateaux de tourbe montrent divers stades d'évolution reflétant des conditions locales. Il estime cependant que la formation des paises et des plateaux de tourbe gelée est assez fréquente vers les isothermes annuels de -0,5° et -1°, et possible jusqu'à l'isotherme annuel de 0°C (ZOLTAI, 1971).

THIE (1974) a aussi signalé des paises et des plateaux de tourbe gelée boisés dans la région au nord du lac Winnipeg, à savoir au nord du 54° de lat. N, entre les longitudes ouest 90° et 98°, dans la partie méridionale du pergélisol discontinu (sporadique). L'auteur indique que le climat est relativement humide (*moist subhumid*), avec des étés frais et courts, des hivers longs et froids et des précipitations faibles. Il souligne que le pergélisol s'est dégradé depuis 20 ans et que, régionalement, la limite méridionale du pergélisol sporadique et discontinu s'est déplacée vers le nord depuis 100 à 150 ans. Les feux de forêts auraient eu une influence relativement faible sur la dégradation du pergélisol (THIE, 1974, p. 196 et 200).

Les données climatiques de la station de Norway House (ENVIRONNEMENT CANADA, 1973), station de référence pour la région des paises au nord du lac Winnipeg, indiquent une température moyenne annuelle de -1,9°, avec des moyennes de janvier et de juillet, respectivement, de -24,2° et 17,2°. Il y a, en moyenne, 223 jours de gel et les précipitations moyennes annuelles sont de 457 mm dont 142 cm de neige.

5. Ontario

D'après SJÖRS (1959, 1961, 1963) et BROWN (1960), en Ontario, la limite méridionale des plateaux de tourbe gelée et des paises avoisinerait le 53° de latitude nord; ce qui correspond à la rivière Attawapiskat. La répartition géographique des paises dans cette province demeure toutefois peu précise, et le contexte climatique est mal défini dans la plupart des travaux traitant des paises.

SJÖRS (1961) a signalé des paises dans la région du lac Hawley, au nord du 55° de lat. N, à savoir dans la région au sud de Winisk. Il s'agit de buttes de 1 à 3 m de hauteur partiellement boisées (épinette noire et mélèze), dont le sommet est généralement couvert de lichens, avec prédominance de *Cetraria nivalis*, une espèce indicatrice d'un mince couvert neigeux et de sites balayés par le vent en hiver. Plusieurs paises dans ce secteur montrent des signes d'érosion, mais il existerait relativement peu de paises crevées. Dans une étude plus récente, SJÖRS (1963, p. 107-114), signale l'existence de plateaux de tourbe gelée à couvert d'épinette noire (*Black spruce islands*) dans la région de la rivière Attawapiskat, caractérisés par d'abondantes formes thermokarstiques; mais il ne mentionne pas de paise (*sensu classico*) à la latitude de l'Attawapiskat. Il écrit (p. 77): «*Permafrost does not occur in open ombrotrophic bogs in the Attawapiskat River area*». Les plateaux de tourbe gelée sont habituellement dans des sites relativement bien drainés, le long des cours d'eau. Pour l'auteur, les plateaux de tourbe gelée boisés de même que les paises plus au nord seraient des formes héritées d'une période plus froide et seraient en voie de dégradation. Il écrit (p. 111): «*The present positive fluctuation in the climate has caused the subarctic palsas and also our 'black spruce islands' to melt to a considerable extent, and they are probably unable to regenerate under present conditions*».

RAILTON et SPARLING (1973, p. 1038) offrent une petite carte de la répartition des paises au Canada sur laquelle sept sites ontariens ont été portés. Toutefois, le texte ne précise pas l'emplacement des sites; on sait seulement qu'elles sont sises au nord du 53° N. De plus, cette étendue concerne un site assez septentrional, localisé près du lac Hawley (55°34' N, 84°38' O), un peu à l'est de Winisk. On y trouve des paises typiques non boisées, avec cœur minéral et couverture tourbeuse d'environ 100 cm d'épaisseur. Elles montrent divers stades d'évolution comprenant des paises jeunes, en formation, des paises arrivées à maturité et des paises en décrépitude. Les auteurs estiment, toutefois, que les conditions climatiques actuelles permettent le développement de paises à cet endroit et que leur destruction est principalement attribuable à l'érosion causée par les eaux de pluie et de ruissellement.

Les données climatiques du milieu n'étant pas fournies, on utilisera celles de la station de Winisk (55°14' N,

85°07' O). À cet endroit, la température moyenne annuelle est de $-5,5^{\circ}$, celles de janvier et de juillet sont respectivement de $-23,3^{\circ}$ et $11,7^{\circ}$; le nombre de jours de gel est d'environ 270; les précipitations moyennes annuelles totalisent 523 mm dont 202 cm de neige. Dans de telles conditions climatiques, la formation de paises paraît tout à fait normale et se compare à la situation en Hudsonie, au nord de Poste-de-la-Baleine.

Une étude de BROWN (1968b, p. 21-23) nous renseigne utilement sur la répartition des paises en Ontario. D'après l'auteur, on trouve des paises à maints endroits entre Moosonee et Fort Severn; les unes sont boisées, d'autres non boisées, et la plupart des sites montrent divers stades de développement, à l'exception des plus méridionaux dans lesquels les paises arrivées à maturité sont en décrépitude. L'auteur mentionne l'existence de petites paises éparpillées entre les rivières Albany et Attawapiskat, concentrées surtout dans la zone côtière. Entre les rivières Attawapiskat et Ekwana, il existe plusieurs champs de paises dans des étangs peu profonds; de même entre la rivière Ekwana et Winisk (53° — 55°), on trouve de nombreuses paises dans la région des lacs Sutton et Hawley. Dans les basses terres jamésiennes, au sud de Fort Severn (soit à la latitude du $53^{\circ}30'N$), les paises boisées prédominent; elles atteignent jusqu'à 3 m de hauteur. À Fort Severn, on trouve de grosses paises tourbeuses non boisées et coalescentes, alors que dans quelques petits lacs de toundra, entre Fort Severn et Winisk, il existe de petites paises en formation. Somme toute, les paises seraient assez répandues au nord de l'Attawapiskat, i.e. du $53^{\circ}N$. D'une façon générale, leur densité augmente avec la latitude et les paises boisées, au sud, cèdent la place aux paises non boisées, au nord.

BROWN (1968b) a fait des observations de terrain dans quatre sites. Il s'agit principalement de paises boisées ayant entre 60 cm et 6 m de hauteur; la couverture forestière d'épinette noire au droit de ces paises avait subi des dommages par le feu. Le site le plus méridional est à environ 80 km au nord de Moosonee. On y trouve d'une part des paises en formation dans un fen. Au droit de la plus grosse paise (60 cm de hauteur), une couverture tourbeuse de 150 cm d'épaisseur voile un substrat minéral fin; le plafond du pergélisol est à 35 cm de profondeur; le noyau gelé mesure 125 cm d'épaisseur et comprend une lentille de glace de 90 cm d'épais au centre. Le deuxième site le plus méridional est situé près d'Attawapiskat. Les paises boisées ayant jusqu'à 3 m de hauteur sont au stade de maturité ou en décrépitude. La couverture tourbeuse fait 130 cm d'épaisseur et abrite un cœur minéral fin; le toit du pergélisol est à 80 cm de profondeur; il y a de minces couches de glace dans la tourbe et le minéral.

BROWN (1968b, p. 22) mentionne qu'entre la rivière Attawapiskat et le 52° de latitude nord environ, on ne trouve que de vieilles paises boisées tendant à se désagréger; il n'y aurait pas de paises en formation. Cette affirmation paraît contradictoire, puisque la figure 6 fait voir «*small youthful palsas*» dans un fen, à 80 km au nord de Moosonee. Quoi qu'il en soit, on peut retenir que dans les sites de paises les plus méridionaux du nord de l'Ontario, on trouve principalement des paises boisées, situation analogue à celle de la Jamésie québécoise (DIONNE, 1978).

COWELL *et al.* (1978) ont étudié plusieurs tourbières dans la région du lac Kinoje, au NO de Moosonee, vers le 51° de lat. N. Ils ont trouvé des formes de gel annuel dans 19 des 52 tourbières étudiées. Entre le 1^{er} et le 10 août, la couche gelée mesurait entre 5 et 20 cm d'épaisseur. Dans une de ces tourbières (un fen), ils ont trouvé une petite paise de 30 cm de hauteur avec un cœur gelé de 235 cm d'épaisseur; cette bûte gelée est «*cautiously regarded as a palsa*» (p. 457). S'il s'agit d'une véritable paise, elle constituerait le site le plus méridional connu en Ontario. Quoi qu'il en soit, ce site est juste au nord de l'isotherme annuel de -1° .

Les données climatiques de la station de Moosonee, localisée à quelques centaines de kilomètres au SE du lac Kinoje, indiquent une température moyenne annuelle de $-0,9^{\circ}$, avec des températures moyennes de janvier et juillet, respectivement, de $-20,2^{\circ}$ et $15,5^{\circ}$; un nombre de jours de gel de 221; des précipitations moyennes annuelles de 785 mm dont des chutes de neige annuelles de 276 cm.

Les sites de paises signalés par BROWN (1968b) étant tous situés au nord de Moosonee on peut en inférer que la température moyenne annuelle est inférieure à -1° au site le plus méridional et probablement -2° aux sites voisins d'Attawapiskat. Pour les sites du secteur septentrional, on se reportera aux données de la station de Winisk fournies plus haut et à l'atlas climatique du Nord de l'Ontario (CHAPMAN et THOMAS, 1968). En résumé, on peut retenir que, dans le nord de l'Ontario, la limite méridionale des paises correspond à peu près à l'isotherme annuel de -1° et qu'il s'agit principalement de paises boisées. On retiendra aussi que les précipitations annuelles totalisent environ 750 mm dont 250 mm de neige.

D. LES PALSES AU QUÉBEC-LABRADOR

Il y a une dizaine d'années, les spécialistes affirmaient encore que la limite méridionale des paises, au Québec, correspondait à la latitude du $55^{\circ}N$, soit celle de la grande rivière de la Baleine, en Hudsonie (BROWN et PÉWÉ, 1973; RAILTON et SPARLING, 1973, p. 1037). Antérieurement, POTZGER et COURTEMANCHE (1955), qui ont examiné 22 tourbières le long d'un transect entre le mont Tremblant et Kangirsuk (Payne), en passant par Chibougamau, Natcheouan, Inukjuak (Port-Harrison) et Kuujuaq (Fort-Chimo), écrivaient (p. 110) que «*no permafrost was found in bogs and organic deposits below latitude $58^{\circ}11'N$* ». Si l'aire géographique des paises au Québec a été précisée depuis, les progrès accomplis, principalement depuis une dizaine d'années, n'ont pas encore permis de dresser une carte adéquate de la répartition générale des paises au Québec-Labrador.

DIONNE (1978, p. 200-209) a précisé leur répartition dans les basses terres de la Jamésie et dans le sud de l'Hudsonie. Dans cette partie occidentale du Québec, la limite méridionale varie suivant les types de paises rencontrées, à savoir d'une part les paises boisées et non boisées et d'autre part les paises tourbeuses typiques et les paises entièrement minérales appelées par d'autres «*buttes minérales cryogènes*» (PAYETTE et SEGUIN, 1979; LAGAREC, 1982).

En Jamésie-Hudsonie, les paises tourbeuses classiques, i.e. les paises avec un cœur minéral contenant de la glace

de ségrégation et une couverture tourbeuse de 40-50 cm d'épaisseur ou plus, se rencontrent principalement au nord du 55° N (fig. 1). Au sud de cette latitude, il n'existe que de très rares sites de paises tourbeuses non boisées, dont un à l'ouest du lac Vauquelin (54°33'N, 78°32'30" O). Par ailleurs, VINCENT (1977, p. 15 et 18) a signalé de petites paises (75 à 100 cm de hauteur) dans une tourbière près de Fort-George (53°49'N).

D'après nos relevés, les paises minérales⁵ auraient une extension plus méridionale que les paises typiques. En effet, on en trouve dans le secteur septentrional de la côte jamésienne, en particulier entre la pointe Louis-XIV et la rivière Roggen (54°25'N), mais il y en a jusqu'à la pointe Attiquane (54°17'45"N). Plus au sud, on trouve des paises minérales dans les îles côtières, notamment aux Jumelles, au large de Wimindji (53°04' — 53°23'N), ainsi qu'aux îles Western et Bizarre, au large de Vieux-Comptoir (52°32' — 52°34'N).

La répartition plus méridionale des paises minérales le long de la côte jamésienne peut paraître curieuse à première vue. En fait, malgré la latitude, elle traduit des conditions climatiques plus rigoureuses, en particulier en été. Comme le pense ÅHMAN (1976, p. 30), l'absence de couverture tourbeuse doit être compensée par des conditions climatiques plus rudes. Il convient de rappeler ici que la frange côtière de la pointe Louis-XIV, à Roggen, est classée par la plupart des auteurs dans la toundra (HARE, 1959; DUCRUC *et al.*, 1976; PAYETTE, 1983, p. 7-8), ce qui signifie effectivement un milieu plus froid que l'intérieur des terres à la même latitude.

La température moyenne dans la partie méridionale de la principale zone de paises typiques non boisées (*i.e.* la région de Poste-de-la-Baleine), est de -4,3°, alors que dans les sites les plus méridionaux (Fort-George), elle est de -3,2°; les températures de juillet, respectivement, de 10,6° et de 12,4°; les précipitations annuelles sont de 679 mm à Poste-de-la-Baleine et de 607 mm à Fort-George; les chutes de neige sont respectivement de 268 cm et 230 cm; le nombre de jours de gel de 243 et 230; les indices de gel et de dégel en degrés-jours Celsius sont de 2759 et 1213 à Poste-de-la-Baleine et de 2577 et 1477 à Fort-George (BOYD, 1973).

Dans les basses terres argileuses de la Jamésie, on trouve aussi des paises boisées sous couvert forestier (DIONNE, 1978, p. 202). Elles abondent dans la zone au nord de l'Eastmain (52°15'N). Plus au sud, une vingtaine de sites ont été cartographiés au nord de la rivière de Rupert (51°30'N). Les deux aires les plus méridionales connues se trouvent dans la plaine argileuse du lac Ojibouai, près des lacs Evans et Olga (50°37' — 51°08'N), et au nord de Matagami (49°59' — 50°07'N). Toutefois, dans ces sites, une forêt relativement dense d'épinettes noire recouvre la plaine argileuse et les paises sont en majeure partie crevées. Le pergélisol qui subsiste serait relique et en voie de disparition. La température moyenne annuelle dans ce secteur est d'environ -0,5°; dans

le secteur compris entre la rivière de Rupert et l'Eastmain, la température moyenne annuelle est comprise entre -1° et -2,5°, alors qu'entre l'Eastmain et la pointe Louis-XIV, elle est de -2,5° à -4°. La densité des paises boisées augmente avec la latitude et l'abaissement de l'isotherme annuel de la température de l'air. Au nord de l'isotherme annuel de -4°, les paises boisées font place aux paises non boisées typiques.

Dans les hautes terres du bouclier Laurentien, les quelques sites connus de paises non boisées les plus méridionaux ont été observés dans de petites tourbières au sommet de collines rocheuses dénudées dans la région du lac Brisay (54°24'45"N) et de Caniapiscou (54°57'45"N) (DIONNE, 1978, p. 201). La température moyenne annuelle dans ce secteur est de l'ordre de -4°.

Dans l'est du Québec, BROWN (1976, fig. 34) a signalé la présence d'une petite pale tourbeuse de 60 cm de hauteur au sommet d'une colline, à 790 m d'altitude, à 70 km au nord de Havre-Saint-Pierre, vers le 51°50' N. D'après les données climatiques de la station du lac Éon (51°51' N), station météorologique la plus rapprochée, la température moyenne annuelle est inférieure à -2,5°; les moyennes de janvier et de juillet sont respectivement de -18,5° et 13,3°; les précipitations moyennes annuelles totalisent 890 mm et les chutes de neige, 418 cm. BROWN (1976, p. 23) indique aussi qu'il existe «de petites zones de paises sur les sommets situés à environ 2600 pieds d'altitude» (732 m), au nord de Sept-Îles; malheureusement, il ne précise pas où. Nous n'en avons observé aucune au cours de travaux de terrain dans ce secteur, en 1980.

Au Québec méridional, de petites buttes tourbeuses avec gel à l'intérieur, d'une cinquantaine de centimètres de hauteur sur quelques mètres de diamètre, ont été récemment observées (Payette, communication personnelle, 1982) sur les hauts sommets de Charlevoix, dans la région du lac des Cygnes (47°41' N), entre 960 et 980 m d'altitude (DION, 1982, p. 55-57). À la mi-octobre en 1982, le sol, à 80 cm de profondeur, était gelé sur une épaisseur supérieure à un mètre. Ces buttes tourbeuses gelées ne sont toutefois pas comparables aux paises de Blanc-Sablon ou de Poste-de-la-Baleine. Leur position très méridionale s'explique par l'altitude. Quoi qu'il en soit, la température moyenne annuelle sur les hauts sommets de Charlevoix serait inférieure à -1,6°. D'après la station de La Galette (47°43' N), à 740 m d'altitude, le nombre moyen de jours de gel serait de 232; les précipitations moyennes annuelles sont de 995 mm dont 41% sous forme de neige. En raison des vents violents, les sommets sont en partie dénudés l'hiver; toutefois, cette situation n'est probablement pas valable pour les cuvettes tourbeuses où sont localisées les «buttes palsiques».

Au Labrador, si l'existence de paises est connue depuis longtemps (HUSTICH, 1939; WENNER, 1947), elles ont été peu étudiées et leur répartition géographique demeure mal connue.

Dans le SE du Labrador, BROWN (1976) a observé des paises dans la région côtière. Le site le plus méridional se trouve à 8 km au nord de Red Bay, sur le bouclier Canadien, à 120 m d'altitude (51°46' N, 56°27' O). Comme il n'existe

5. Dans un article récent sur les paises et les pingos, PISSART (1983) trouve heureuse l'expression «paises minérales» et préconise son usage.

aucune station météo à proximité de Red Bay, on se servira des données des stations de Battle Harbour et de Blanc-Sablon, Red Bay étant situé à mi-chemin entre les deux. La température annuelle est respectivement de 0,7° et 0,6°; le site de paises étant à 120 m d'altitude, on peut estimer que la température annuelle est près de 0° ou légèrement supérieure.

Ailleurs sur la côte labradorienne, le site de paises connu le plus méridional signalé par BROWN (1976) est à Cartwright (53°43' N, 57°01' O). Il s'agit de paises tourbeuses d'environ 125 cm de hauteur. La température moyenne annuelle y est de 0,2°C; les moyennes de janvier et de juillet sont respectivement de -13,1° et de 12,9°. Le nombre de jours de gel est de 222; les indices de gel et de dégel en degrés-jours Celsius sont respectivement de 1486 et de 1568. Les précipitations annuelles moyennes sont de 1063 mm dont 407 cm de neige. Les épaisseurs moyennes de la neige au sol pour les mois de novembre à avril sont respectivement de 101, 305, 686, 990, 1194 et 711 mm (BROWN, 1976, tableau 3). Compte tenu de ces conditions climatiques, BROWN (1979, p. 285) pense que les paises de Cartwright «*may have formed under cooler conditions of an earlier period. Low solar radiation values during the summer in this maritime climatic region may also be a factor*».

En résumé, au Québec-Labrador, les sites de paises boisées et non boisées les plus méridionaux sont, à de rares exceptions près, tous situés au nord de l'isotherme annuel de 0°C. Le site de Blanc-Sablon, à l'instar de ceux de Cartwright et de Red Bay, apparaît donc comme une exception et de ce fait mérite considération, car il pourrait bien s'agir de formes reliques de pergélisol développées sous des conditions climatiques plus rigoureuses, mais qui ont pu subsister en raison des caractéristiques du milieu.

DISCUSSION

A. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Comme on vient de le voir, dans l'hémisphère nord, la limite méridionale des paises actives est située au nord de l'isotherme annuel de l'air de 0° (HARRIS, 1981, fig. 6-B et 11). Entre ce dernier et l'isotherme de -1°, les sites de paises actives sont relativement peu abondants dans les diverses régions étudiées quel que soit l'ensemble des facteurs climatiques. En outre, dans les sites les plus méridionaux, la plupart des auteurs signalent un pergélisol en voie de dégradation ou en récession (tabl. III). Les paises connaissant une évolution cyclique particulière reconnue par de nombreux auteurs (THORARINSSON, 1951; LUNDQVIST, 1962, p. 73; 1969b, p. 209; SVENSSON, 1962, p. 226; WRAMNER, 1967, p. 437; BROWN, 1968b, p. 30; FRIEDMAN *et al.*, 1971, p. 142; ZOLTAI et TARNOCAL, 1971, p. 115; SALMI, 1972, p. 140; ZOLTAI, 1972, p. 298; THIE, 1974, p. 190; PAYETTE, *et al.*, 1976, p. 214 et 217; ÅHMAN, 1977; SEPPÄLÄ, 1979, p. 85, 1982a, p. 40), il est difficile d'utiliser les buttes en voie de formation ou de dégradation comme un indice valable d'un changement climatique régional, bien que certains auteurs affirment que les paises «*are considered to be important*

climatic indicators» (FORSGREN, 1968, p. 120; RAPP, 1982). Il convient d'abord de distinguer entre les changements à court terme et à long terme. Les premiers traduisent plutôt des facteurs locaux (enneigement, couverture végétale, drainage), alors que les seconds refléteraient des facteurs plus régionaux qui impliqueraient une amélioration ou une détérioration climatique. Comme le souligne SVENSSON (1962, p. 227; 1970, p. 163): «*To come to a conclusion about climatic changes from the palsa morphology, it is necessary to study and compare conditions in different palsa areas*». Cette opinion est corroborée par ZOLTAI (1972, p. 299): «*Only a careful regional survey of permafrost bodies could give a reliable indication of a climatic change*», et par THIE (1974, p. 190): «*degradation does not necessarily indicate an amelioration in climate*».

En Europe, PRIESNITZ et SCHUNKE (1978) ont montré qu'en Islande les paises prenaient de l'expansion à la suite d'une légère détérioration du climat particulièrement sensible à l'automne, depuis une quinzaine d'années. Néanmoins, ils reconnaissent que le pergélisol s'est vraisemblablement installé au cours du Petit Âge glaciaire, soit entre 1600 et 1900 de notre ère. ÅHMAN (1977, p. 143) a également montré des fluctuations climatiques en Norvège au cours du XX^e siècle qui ont affecté la répartition des paises dans cette région. Les paises se sont détériorées au cours de la période plus chaude de 1931-1960; mais le refroidissement enregistré au cours de la période 1960-1974, a permis la formation de nouvelles paises. D'une façon générale, RUUHIJARVI (1970, p. 322) considère qu'en Fennoscandie «*The majority of the present palsas are thought to be comparatively old formations. In the present climate they are rather more likely to be in process of thawing*». En URSS, KOLASINKA (1972) et SPO- LANSKAYA et EVSEYEV (1973) considèrent que les paises des sites les plus méridionaux sont en voie de dégradation et témoignent d'un pergélisol relique formé au cours de périodes antérieures plus froides.

Au Canada, dans les Territoires-du-Nord-Ouest par 65°15' de lat. N., les paises seraient en voie de dégradation généralisée depuis une trentaine d'années (KERSHAW et GILL, 1979). En Alberta, BROWN (1964, p. 22) évoque la possibilité que dans les sites les plus méridionaux, le pergélisol soit ancien et relique. D'après BROWN (1965), en Saskatchewan, le pergélisol des sites les plus méridionaux est dans un état d'équilibre fragile. L'auteur (p. 20-21) pense qu'il pourrait s'agir 1) soit d'un pergélisol ancien et relique, 2) soit d'un persélisol datant de quelques décennies, alors que la température de l'air aurait été inférieure à la température actuelle, ou 3) soit d'un pergélisol récent, de courte durée, lié à des conditions d'enneigement faible. Dans les trois cas, le pergélisol subsisterait grâce à la protection offerte par la couverture de mousses et de tourbe; il disparaîtrait si cette couverture protectrice était enlevée. Au Manitoba, THIE (1974) reconnaît que le pergélisol s'est dégradé depuis 100 à 150 ans et que même si les conditions actuelles sont encore favorables à la formation de paises et de plateaux de tourbe gelée au nord du lac Winnipeg, leur dégradation est généralisée. En Ontario, SJÖRS (1963, p. 111) souligne que l'amélioration climatique récente a permis la détérioration des paises et des plateaux

TABLEAU III

Données climatiques comparatives pour les sites de paises les plus méridionaux au Canada

Région et localité	T° moy. ann. (°C)	T° moy. janvier	T° moy. juillet	Nombre de jours/gel	Précipitations moy. ann. (mm)	Précipitations neige (cm)	Remarques	Références
<i>Territoires-du-Nord-Ouest:</i>								
Macmillan Pass	-3°	-19,4°	6,7	235	760	343	paises en régression	Kershaw et Gill (1979)
Watson Lake (Yukon)	-2,6	-24,5	15,1	—	432	212	—	Brown (1967)
Hay River	-3,0	-20,6	20,6	227	305	165	—	Brown (1967)
<i>Colombie-Britannique:</i>								
Creek Valley	-2°	-16,6	12,6	218	281	121	paises jeunes en formation, à 1000 m d'altitude	Seppälä (1980)
Fort Nelson	-1,1	-22,4	16,8	219	434	172	—	Brown (1967)
<i>Alberta:</i>								
Rock Creek	0° à -0,5	-9,0	12,6	—	530	175	paises jeunes et petites, à 1400 m d'altitude	G. Brown (1980)
Grimshaw	0,1	-20,9	15,9	217	370	145	—	Moss (1953)
Keg River	-0,8	-21,5	15,7	224	380	138	probablement pergélisol relique	Brown (1964)
<i>Saskatchewan:</i>								
Waskesiu	-0,6	-21,8	16,7	219	410	130	paises et plateaux de tourbe gelée boisée	Brown (1965)
<i>Manitoba:</i>								
Flin Flon	-0,5	-21,8	21,1	205	443	137	surtout paises boisées et plateaux de tourbe	Zoltai (1971, 1972)
Le Pas	-0,3	-22	18,3	210	492	157	très rares paises et plateaux de tourbe boisés	Zoltai (1971, 1972)
Norway House	-1,9	-24,2	17,2	223	457	142	en dégradation depuis plus de 20 ans	Thie (1974)
Wabowden	-2,4	-23,4	16,9	226	456	116	—	Brown (1965)
<i>Ontario:</i>								
Moosonee	-0,9	-20,2	15,5	221	785	276	paises et plateaux de tourbe boisés	Brown (1968b)
<i>Québec:</i>								
Poste-de-la-Baleine	-4,3	-22,3	10,6	243	700	270	paises typiques non boisées	Dionne (1978)
Fort-Rupert	-1	-20	15	—	660	228	paises boisées ou sous couvert forestier	Dionne (1978)
Lac Éon	-2,5	-18,5	13,3	243	890	418	une petite paise sur un sommet, à 790 m d'altitude	Brown (1976)
Mont du Lac des Cygnes (Charlevoix)*	-1,6	-15	14	—	995	—	petites paises, à 740 m d'altitude	—
Blanc-Sablon	0,6	-11,2	11,7	205	1205	525	paises typiques non boisées	—

* Données extrapolées tirées de l'Atlas climatique de Wilson (1971)

de tourbe gelée dans la zone sise près de la limite méridionale du pergélisol sporadique. Il pense même que ces formes de pergélisol ne peuvent se développer dans les conditions actuelles.

Au Québec, l'étude de LAGAREC (1980) a permis de mettre en évidence la dégradation récente des paises de la Ouatichouane, en Hudsonie, tendance confirmée par une étude en cours (Payette, communication personnelle). Il en

serait de même pour les paises de la région du Nastapoca (LÉVESQUE, 1983, p. 64) et du Sheldrake⁶. Il est donc vraisemblable que la dégradation assez généralisée des paises en Hudsonie et en Jamésie reflète un changement climatique important comme on l'a suggéré antérieurement (DIONNE, 1978, p. 209) et non un simple changement des conditions locales. Si tel est le cas, le pergélisol de ces régions daterait en grande partie d'une période antérieure plus froide, qui pourrait remonter à 2000 ou 2500 ans (PAYETTE, 1980), ou simplement à la période du Petit Âge glaciaire, il y a 100 à 400 ans environ (DIONNE, 1983). Ce pergélisol ancien ou relique se serait conservé grâce aux conditions froides du milieu et à la nature du terrain (tourbe et couvert forestier) et serait maintenant en régression. Des études plus poussées viendront infirmer ou corroborer ces «impressions générales».

B. LE CAS DES PASSES DE BLANC-SABLON

Ces propos généraux conduisent à parler des paises de Blanc-Sablon. D'après la littérature scientifique passée en revue, il ne fait aucun doute que ce site est localisé en dehors des limites habituelles des paises dans l'hémisphère nord. On peut penser, à la suite de BROWN (1979, p. 285) parlant des paises de Cartwright (Labrador), qu'il s'agit de formes de pergélisol relique datant d'une période antérieure plus froide.

Comme nous l'avons déjà dit, la température moyenne annuelle à Blanc-Sablon est de 0,6°. Les champs de paises étant à quelques dizaines de mètres plus élevés que la station de météorologie mais mieux abrités, on est en droit de penser que les données climatiques de cette station représentent assez bien les conditions climatiques prévalant dans les sites de paises. En conséquence, il paraît douteux que les paises de Blanc-Sablon soient en équilibre avec le régime des températures des 15 dernières années. Malheureusement, l'absence de données plus anciennes ne permet pas d'étudier les modifications historiques du climat dans cette région et d'en constater les effets sur les paises.

Certaines caractéristiques du climat de Blanc-Sablon méritent d'être prises en considération. D'une part, avec 1205 mm de précipitations moyennes annuelles, la région est beaucoup plus arrosée que les régions à paises de l'Europe du Nord (moins de 800 mm en Islande; 450 mm en Norvège et en Finlande; 500 mm en Suède) et au Canada (281 mm en Colombie-Britannique; 530 mm en Alberta; 445 mm en Saskatchewan; 460 mm au Manitoba; 750 mm en Ontario). D'autre part, les précipitations neigeuses sont beaucoup plus élevées ici que dans les sites de paises les plus méridionaux du Canada central et occidental: 525 cm en moyenne, à Blanc-Sablon en comparaison de 121 cm, en Colombie-Britannique; 175 cm, en Alberta; 145 cm, au Manitoba et 250 cm, en Ontario.

La plupart des auteurs (BROWN, 1969, 1973; BROWN et PÉWÉ, 1973, SEPPÄLÄ, 1982a) considèrent que la couverture neigeuse est un facteur important du développement

des paises et du maintien du pergélisol. Un coup d'œil aux données climatiques de Blanc-Sablon (tabl. II) montre que l'épaisseur moyenne de la neige au sol, entre novembre et avril, est comprise entre 8 et 73 cm. Durant les mois les plus froids (décembre-mars), le couvert neigeux fait, en moyenne, entre 29 et 73 cm d'épaisseur. En novembre, alors que la température moyenne mensuelle est de -0,8°, le couvert neigeux fait environ 8 cm; en avril, avec une moyenne mensuelle de -4,5°, il mesure environ 13 cm.

PRUITT (1970) a démontré que le couvert neigeux constituait un bon isolant. Une couche de 15 à 20 cm protège efficacement le sol contre la plupart des fluctuations climatiques de l'air, alors qu'une couche de 50 cm offre une protection à peu près complète. De son côté, BROWN (1969) soutient qu'une couche de neige de 40 cm d'épaisseur peut être considérée comme un facteur critique pour la survivance du pergélisol au Labrador, dans les zones de pergélisol discontinu et surtout sporadique.

Les fortes précipitations neigeuses à Blanc-Sablon ne seraient donc pas favorables à une pénétration importante de l'onde de froid dans le sol tourbeux des sites de paises. Il est possible, cependant, que les données de la station météorologique de l'endroit ne correspondent pas exactement à celles prévalant au droit des paises, en particulier si l'on considère, qu'en général, le vent balaie la neige au sommet des paises, en hiver. Néanmoins, les sites de paises de Blanc-Sablon sont dans le fond d'une vallée relativement encaissée et protégée de sorte qu'on peut supposer que l'action du vent n'y est pas plus prononcée qu'à l'aéroport, site très exposé et plus près de la mer. En conséquence, le couvert neigeux au droit des paises pourrait correspondre à peu de choses près aux valeurs enregistrées à la station météorologique. Par contre, la couverture neigeuse est susceptible de retarder le dégel de la tourbe en été. Dans ces conditions, il paraît vraisemblable que le pergélisol des paises se soit formé antérieurement sous des conditions plus rigoureuses.

Par ailleurs, à Blanc-Sablon, il n'y a, en moyenne, que 205 jours de gel et l'indice de dégel est supérieur à l'indice de gel: 1388 contre 1227 degrés-jours Celsius. La température des mois d'hiver (novembre-avril) n'est que de -6,4°, alors que celle des mois d'été (mai-octobre) est de 7,5°. Là encore, le bilan thermique positif est peu favorable à la formation récente des paises; d'autant plus que les températures hivernales sont relativement peu rigoureuses, la moyenne de janvier n'étant que de -11,2° et la température moyenne minimale de janvier étant de -15,8°. Par contre, la basse température estivale peut favoriser la conservation des paises ou du pergélisol.

D'autre part, il convient de souligner la faible insolation: moins de 900 heures en été (mai-septembre) et entre 1500 et 1600 heures pour l'année, pour la période de 1941-1970 (YORKE et KENDALL, 1972). À signaler aussi la fréquence de la brume et la présence occasionnelle d'icebergs dans les eaux froides du détroit de Belle-Isle, durant la période estivale. Tous ces facteurs jouent en faveur du maintien du pergélisol, mais ne sauraient expliquer sa formation récente.

6. D'après les communications orales de M. ALLARD et D. LAPRISE, lors du Colloque annuel du Centre d'études nordiques, tenu à Québec le 19 novembre 1983.

C. COMPARAISON AVEC FORT-GEORGE

Le type de paises de la région de Blanc-Sablon correspond exactement à celui de la région de Poste-de-la-Baleine. Le site de paises de ce type le plus méridional connu en Jamésie est celui de Fort-George où VINCENT (1977) a signalé de petites paises (75-100 cm de hauteur) en formation. Pour rester au Québec, on comparera les données climatiques de cette station avec celles de Blanc-Sablon⁷.

À Fort-George, la température moyenne annuelle est de $-3,2^{\circ}$; celle de janvier et de juillet, respectivement de $-22,6^{\circ}$ et $12,4^{\circ}$; celle des mois d'hiver (novembre-avril) et des mois d'été (mai-octobre), de $-14,2^{\circ}$ et de $7,7^{\circ}$. Les conditions climatiques sont donc beaucoup plus rigoureuses à Fort-George. La température moyenne annuelle à Blanc-Sablon étant de $0,6^{\circ}$, il y a une différence de $3,8^{\circ}$; de même la température moyenne de janvier est beaucoup moins rigoureuse à Blanc-Sablon: $-11,2^{\circ}$ contre $-22,6^{\circ}$, alors que la température moyenne du mois le plus chaud est semblable: $11,7^{\circ}$ à Blanc-Sablon contre $12,4^{\circ}$ à Fort-George. La comparaison des températures des mois d'hiver montre une différence marquée: $-14,2^{\circ}$ à Fort-George contre $-6,4^{\circ}$ à Blanc-Sablon, alors que les mois d'été enregistrent des moyennes semblables: $7,7^{\circ}$ à Fort-George contre $7,5^{\circ}$ à Blanc-Sablon. Le nombre de jours de gel est supérieur à Fort-George: 230 contre 205. Les indices de gel et de dégel en degrés-jours Celsius montrent une différence très nette: 2577 et 1477 à Fort-George contre 1227 et 1388 à Blanc-Sablon.

Les précipitations diffèrent également dans les deux sites. À Fort-George les précipitations annuelles et neigeuses totalisent respectivement 607 mm et 229 cm contre 1205 mm et 525 cm à Blanc-Sablon. L'insolation est supérieure à Blanc-Sablon: 1500 à 1600 heures par année dont 900 heures en été (mai-septembre), contre 1500 heures par année dont 800 heures en été à Fort-George. Soulignons en outre que les deux stations sont affectées par de nombreuses périodes de brume, en été, et subissent, dans une certaine mesure, un refroidissement estival lié à la présence des glaces de dérive en Jamésie et des icebergs dans le détroit de Belle-Isle.

Cette simple comparaison de quelques paramètres climatiques montre clairement le caractère exceptionnel du site de Blanc-Sablon. En effet, on constate que le climat beaucoup plus rigoureux de Fort-George ne semble pas favoriser la formation actuelle de paises non boisées, alors qu'elles apparaissent réellement à partir de l'isotherme annuel de -4° . Si peu de paises se développent actuellement, sous les conditions climatiques de Fort-George, il paraît curieux qu'il s'en forme à Blanc-Sablon sous des conditions climatiques beaucoup plus clémentes.

Par ailleurs, la comparaison avec les sites de paises les plus méridionaux du Manitoba et de l'Ontario parle dans le même sens. À Flin Flon, la température moyenne annuelle

est de $-0,5^{\circ}$; à Cranberry Portage, elle est de $-1,2^{\circ}$ et à Moosonee, elle est de $-0,9^{\circ}$; les moyennes de janvier et de juillet sont respectivement de $-21,8^{\circ}$ et $21,1^{\circ}$ dans le premier site et de $-20,2^{\circ}$ et $15,5^{\circ}$ dans le dernier. Il y a 205 jours de gel au Manitoba et 221 en Ontario. Les précipitations annuelles totalisent seulement 443 mm dont 137 cm de neige à Flin Flon et 785 mm dont 276 cm de neige à Moosonee. Rappelons ainsi qu'au col Macmillan dans les monts Selwyn (T.-N.-O.) où la température moyenne annuelle de l'air est de l'ordre de -3° , les paises sont en voie de dégradation (KERSHAW et GILL, 1979).

En résumé, la comparaison avec les aires habituelles de paises typiques non boisées de l'hémisphère nord démontre que certains facteurs climatiques sont peu favorables à la formation actuelle de pergélisol à Blanc-Sablon. Ce sont notamment 1) une température moyenne annuelle supérieure à 0° ; 2) une température moyenne des mois d'hiver assez élevée; 3) un enneigement important de décembre à mars entravant ainsi la pénétration de l'onde de froid dans le sol; 4) un bilan positif des degrés-jours de dégel: 161 de plus que les degrés-jours de gel; 5) des précipitations liquides relativement abondantes susceptibles de saturer la tourbe et de provoquer la fonte de la glace ou le dégel de la tourbe en été. Par contre, deux facteurs jouent en faveur d'un maintien du pergélisol: les basses températures estivales et la faible insolation.

CONCLUSION

D'après BROWN (1977, p. 15), les facteurs les plus importants pour la formation des paises sont la température, la couverture neigeuse et l'alimentation en eau. L'examen des données climatiques pour Blanc-Sablon a permis de constater que la région est beaucoup plus arrosée que toutes les autres régions à paises, que les chutes de neige font au moins le double des sites les plus neigeux et que le bilan annuel des températures de l'air est positif.

Dans ce contexte, il paraît peu vraisemblable que les conditions climatiques actuelles de la région de Blanc-Sablon favorisent la formation de paises. On peut donc en déduire que ces dernières sont probablement reliques et datent d'une période antérieure plus froide. Cette période pourrait correspondre au Petit Âge glaciaire (DIONNE, 1983) ou être plus ancienne (2500 — 2000 ans). Une étude détaillée des paises de Blanc-Sablon s'impose et permettra vraisemblablement de confirmer le caractère relique du pergélisol dans cette région.

REMERCIEMENTS

L'auteur exprime sa gratitude à MM. S. Payette, Centre d'études nordiques (Université Laval), S. Zoltai, Service canadien des forêts (Edmonton) et P. Richard (Université de Montréal) pour les commentaires et suggestions faites à la lecture de la version originale manuscrite de ce travail. Les observations de terrain ont été faites en 1979 alors que l'auteur, à l'emploi d'Environnement Canada, faisait partie d'une équipe multidisciplinaire chargée de l'inventaire écologique de la Côte-Nord du Saint-Laurent pour le compte d'Hydro-Québec.

7. Il convient de rappeler qu'il existe de nombreux sites de paises au sud de Fort-George. Ces dernières, boisées ou sous-couvert forestier, peuvent difficilement être comparées aux paises de Blanc-Sablon, paises typiques non boisées à cœur minéral couvert de tourbe.

RÉFÉRENCES

- ÅHMAN, R. (1976): The structure and morphology of minerogenic palsas in northern Norway, *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 26, p. 25-31, 2 fig., 6 pl. h.t.
- (1977): *Palsar i Nordnorge*, Meddelanden från Lunds Universitets Geografisk Institutionen, Serie Avhandlingar, vol. 78, 165 p., 37 fig., 54 phot. h.t.
- ÅKERMAN, J. (1982): Palsas within the continuous permafrost zone in eastern Siberia and in Salbard, *Geografisk Tidskrift*, vol. 82, p. 45-51, 16 fig.
- BOUTRAY, B. de et HILLAIRES-MARCEI, C. (1977): Aperçu géologique du substratum et des dépôts meubles quaternaires dans la région de Blanc-Sablon, Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 31, n° 3-4, p. 207-215, 7 fig.
- BOYD, D.W. (1973): *Normal freezing and thawing degree-days for Canada, 1931-1960*, Downsview (Ont.), Environnement Canada, Atmospheric Env., Publ. CLI-4-73, 38 p.
- BROWN, G. (1980): Palsas and other permafrost features in the lower Rock Creek Valley, west-central Alberta, *Arctic and Alpine Research*, vol. 12, n° 1, p. 31-40, 5 fig.
- BROWN, R.J.E. (1960): The distribution of permafrost and its relation to air temperature in Canada and the U.S.S.R., *Arctic*, vol. 13, n° 3, p. 163-177, 9 fig.
- (1964): *Permafrost investigations on the Mackenzie highway in Alberta and Mackenzie District*, Ottawa, National Research Council of Canada, Div. Building Research, Technical Paper n° 175 et Publ. CNRC n° 7885, 27 p.
- BROWN, R.J.E. (1965): *Permafrost investigations in Saskatchewan and Manitoba*, Ottawa, National Research Council of Canada, Div. Building Research, Technical Paper n° 193 et Publ. C.N.R.C., n° 8375, 36 p., 25 fig. h.t.
- (1967): *Permafrost investigations in British Columbia and Yukon Territory*, Ottawa, National Research Council of Canada, Div. Building Res., Technical Paper n° 253 et Publ. C.N.R.C., n° 9762, 95 p., ill.
- (1968a): Occurrence of permafrost in Canada Peatlands, *Proceedings Third International Peat Congress*, Ottawa, National Research Council of Canada, p. 174-181, 8 fig.
- (1968b): *Permafrost investigations in northern Ontario and northeastern Manitoba*, Ottawa, National Research Council of Canada, Div. Building Research, Publ. C.N.R.C. n° 10465, 44 p., 46 fig. h.t.
- (1969): Factors influencing discontinuous permafrost in Canada, dans *The Periglacial Environment*, T.L. PÉWÉ, édit., Montréal, McGill Queen's Univ. Press, p. 11-53, 18 fig.
- (1973): Permafrost — Distribution and relation to environmental factors in the Hudson Bay Lowland, dans *Proceedings Symposium on the Physical Environment of the Hudson Bay Lowland*, Guelph, University of Guelph (Ont.), p. 5-68, 11 fig.
- (1976): *Études du pergélisol au Québec et à Terre-Neuve (Labrador)*, Ottawa, Conseil national de recherches du Canada, Div. Recherche en Bâtiment, Publ. C.N.R.C. n° 14966F, 95 p., 49 fig.
- (1977): Muskeg and Permafrost, dans *Muskeg and the Northern environment in Canada*, N.W. RADFORTH et C.O. BRAUNER, édit., University of Toronto Press, p. 148-163, 10 fig.
- (1979): Permafrost distribution in the southern part of the discontinuous zone in Québec and Labrador, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 33, n° 3-4, p. 279-289, 9 fig.
- BROWN, R.J.E. et PÉWÉ, T.L. (1973): Distribution of permafrost in North America and its relationship to the environment: a review, 1963-1973, dans *Permafrost: North American Contribution to the Second International Conference* (Yakutsk, 13-28 July-1973), Washington (D.C.), National Academy of Science, p. 71-100, 8 fig.
- CHAPMAN, L.J. et THOMAS, M.K. (1968): *The climate of northern Ontario*, Canada Department of Transport, Meteorological Bureau, Climatological Study n° 6, 58 p., 42 fig.
- COWELL, D.W., JEGNUM, J.K. et MARRIMAN, J.C. (1978): Preservation of seasonal frost in peatlands, Kinoje Lakes, southern Hudson Bay Lowland, dans *Proceedings Third International Permafrost Conference*, Ottawa, National Research Council of Canada, vol. 1, p. 453-459, 2 fig.
- DION, L. (1982): *Géographie physique de la région du mont du lac des Cygnes, St-Urbain, Charlevoix*, Québec, Université Laval, Dép. Géographie, mémoire de bac., n° 752, 93 p., 46 fig.
- DIONNE, J.-C. (1978): Formes et phénomènes périglaciaires en Jamésie, Québec subarctique, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 32, n° 3, p. 187-247, 97 fig.
- (1980): Champs de palses dans la région de Blanc-Sablon, *Annales de l'ACFAS*, vol. 47, p. 117.
- (1983): Réseaux reliques de polygones de tourbe, moyenne et basse Côte-Nord du Saint-Laurent, Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 37, n° 2, p. 127-146, 21 fig.
- (en préparation): Formes et phénomènes périglaciaires, arrière-région de la moyenne et basse Côte-Nord du Saint-Laurent.
- DUBOIS, J.M.M. (1980): *Environnements quaternaires et évolution postglaciaire d'une zone côtière en émergence en bordure du bouclier canadien: la moyenne Côte-Nord du Saint-Laurent*, Québec, Ottawa, Université d'Ottawa, Dép. de géographie, thèse de doctorat, 754 p. 246 fig. (non publié).
- DUCRUC, J.P., ZARNOVICAN, R., GERARDIN, V. et JURDANT, M. (1976): Les régions écologiques du territoire de la Baie-James: caractéristiques dominantes de leur couvert végétal, *Cahiers de Géographie de Québec*, vol. 20, n° 50, p. 365-392, 6 fig., 10 phot.
- ENVIRONNEMENT CANADA (1973): Canadian normals, 1941-1970; vol. 1, *Temperature*, 186 p.; vol. 2, *Precipitation*, 330 p., Downsview (Ont.), Atmospheric Environment.
- FORSGRÉN, B. (1968): Studies of palsas in Finland, Norway and Sweden, 1964-1966, *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 17, p. 117-123, 1 fig., 4 pl. h.t.
- FRIEDMAN, J.D., JOHANSSON, C.E., OSKARSSON, N., SVENSSON, H., THORARINSSON, S. et WILLIAMS, R.S. (1971): Observations on Icelandic polygon surfaces and palsa areas. Photo interpretation and field studies, *Geografiska Annaler*, vol. 53-A, n° 3-4, p. 115-145, 27 fig.
- GANGLOFF, P. et PISSART, A. (1983): Évolution géomorphologique et palses minérales dans la région du Kuujuaq (Fort-Chimo, Québec), *Bulletin de la Société géographique de Liège*, n° 19, p. 119-132.
- GRANT, D.R. (1969): *Surficial deposits, geomorphic features and Late Quaternary history of the terminus of the northern peninsula of Newfoundland and adjacent Quebec-Labrador*, *Maritime Sediments*, vol. 5, n° 3, 123-125, 1 fig.
- HAMELIN, L.-E. et CAILLEUX, A. (1969): Les palses dans le bassin de la grande rivière de la Baleine, *Revue de Géographie de Montréal*, vol. 23, n° 3, p. 329-337, 10 fig.

- HARE, F.K. (1959): *A photo reconnaissance survey of Labrador-Ungava*, Ottawa, Geographical Branch, Mémoire n° 6, 83 p., 9 fig., 14 pl., 2 cartes h.t.
- HARE, F.K. et TAYLOR, R.G. (1956): The position of certain forest boundaries in southern Labrador-Ungava, *Geographical Bulletin*, n° 8, p. 51-73, 13 fig.
- HARRIS, S.A. (1981): Distribution of zonal permafrost landforms with freezing and thawing indices, *Erdkunde*, vol. 35, n° 2, p. 81-90, 13 fig.
- (1982): Identification of permafrost zone using selected permafrost landforms, dans *Proceedings Fourth Canadian Permafrost Conference, The Roger J.E. Brown Memorial volume*, Ottawa, National Research Council of Canada, p. 49-58, 11 fig.
- HEIM, J. (1976): Étude palynologique d'une palse de la région du golfe de Richmond (Nouveau-Québec, Canada), *Cahiers de Géographie du Québec*, vol. 20, n° 50, p. 221-238, 1 fig.
- HUSTICH, I. (1939): Notes on the coniferous forest and tree limit on the east coast of Newfoundland-Labrador, *Acta Geographica*, vol. 7, n° 1, p. 1-77, fig.
- (1950): Notes on the forest on the east coast of Hudson Bay and James Bay, *Acta Geographica*, vol. 11, n° 1, p. 1-83, 35 fig.
- HYVÖNEN, O. (1972): Palsojen morfologiasta ja esiintymisestä Fennoskandiassa (Morphology and distribution of palsas in Fennoscandia; a review article), *Terra*, vol. 84, n° 2, p. 72-77, 1 fig.
- KATZ, N.J. (1948): *Typy bolat SSSR i Zapadnoy Evropy i ih geografičeskoe rasprostranenie*, Moscou, 316 p.
- KERSHAW, G.P. et GILL, D. (1979): Growth and decay of palsas and peat plateaus in the Macmillan Pass — Tsichu River area, Northwest Territories, Canada, *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 16, n° 7, p. 1362-1374, 11 fig.
- KING, L. (1979): Palsen und Permafrost in Quebec, *Trierer Geographisch Studien*, vol. 2, p. 141-156, 7 fig.
- KOLASINSKA, J. (1972): *Morfogenetyczne objawy mroznego klimatu na Potwyspie Kolskim* (Phénomènes morphogénétiques du climat froid de la presqu'île de Kola), *Acta Geographica Lodziensia*, vol. 30, 140 p., 23 fig., 44 photos h.t., (sommaire p. 131-143).
- LAGAREC, D. (1976): Études géomorphologiques de palses dans la région de Chimo, Nouveau-Québec, Canada, *Cahiers géologiques* (Paris), n° 92, p. 153-162, 3 fig., 4 phot.
- (1980): *Étude géomorphologique de palses et autres buttes cryogènes en Hudsonie*, Nouveau-Québec, Québec, Université Laval, Dép. de géographie, thèse doctorat, 308 p., 59 fig., 50 phot. (non publié).
- (1982): Cryogenic mounds as indicators of permafrost conditions, northern Québec, dans *Proceedings Fourth Canadian Permafrost Conference, The Roger J.E. BROWN Memorial Volume*, Ottawa, National Research Council of Canada, p. 43-48, 10 fig.
- LAVERDIÈRE, C. et GUIMONT, P. (1976): Les palses de la région de Poste-de-la-Baleine, littoral sud-est de la mer d'Hudson, Nouveau-Québec, *Annales de l'ACFAS*, vol. 43, p. 105.
- LÉVESQUE, R. (1983): *Formes et processus périglaciaires dans la région de la rivière Nastapoka*, Nouveau-Québec, Québec, Université Laval, Dép. de géographie, mémoire de bac., 72 p., 7 fig., 20 phot.
- LONGLEY, R.W. (1972): *The climate of the Prairie Provinces*, Downsview (Ont.), Environnement Canada, Atmospheric Env., Climatological Studies n° 13, 79 p., 56 fig.
- LUNDQVIST, G. (1951): En palsmyr sydost om Kebnekaise, *Geologiska Föreningens i Stockholm Föreläsningar*, vol. 73, n° 2, p. 209-225, 10 fig.
- LUNDQVIST, J. (1962): *Patterned ground and related frost phenomena in Sweden*, Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. C., n° 583, 101 p., 46 fig.
- (1969a): *Beskrivning til jordartskarta över jämtlands län*, Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. C., n° 45, 418 p.
- (1969b): Earth and ice mounds: a terminological discussion, dans *The Periglacial Environment*, T.L. PÉWÉ, édit., Montréal McGill-Queen's Univ. Press, p. 203-215, 1 fig.
- LUNDQVIST, M., édit. (1953): *Atlas över Sverige*, Stockholm, Generalstabens Litografiska Anstalts Förlag, 150 pl.
- MATHIEU, C. et GANGLOFF, P. (1983): Analyse pollinique de trois palses de la basse vallée du Korok (Nouveau-Québec), *Annales de l'ACFAS*, vol. 50, p. 127.
- MOSS, E.H. (1953): Marsh and bog vegetation in northwest Alberta, *Canadian Journal of Botany*, vol. 31, n° 4, p. 448-470, 10 fig.
- NORDHAGEN, R. (1928): *Die Vegetation und Flora des Sylenegebietes*, Skrifter Norske Videnskaps-Akademi, Ser. 1, Matematisk-Naturvidenskabelig, Klasse — 1927, vol. 1, 612 p.
- PAYETTE, S. (1980): Fire history at the tree line in Northern Québec: a paleoclimatic tool, *Proceedings Fire History Workshop*, Tucson, Arizona, p. 126-131, 1 fig.
- (1983): The forest tundra and present tree-lines of the northern Québec-Labrador Peninsula, *Nordica*, n° 47, p. 3-23, 18 fig.
- PAYETTE, S., SAMSON, H. et LAGAREC, D. (1976): The evolution of permafrost in the taiga and in the forest-tundra, western Quebec-Labrador Peninsula, *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 6, n° 2, p. 203-220, 7 fig.
- PAYETTE, S. et SEGUIN, M.K. (1979): Les buttes minérales cryogènes dans les basses terres de la rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 33, nos 3-4, p. 339-358, 15 fig.
- PISSART, A. (1983): Pingos et palses: un essai de synthèse des connaissances actuelles, dans: *Mesoformen des Reliefs im heutigen Periglacialraum*, H. POSER et E. SCHUNKE, édit., *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Mathematisch-Physikalische Klasse*, n° 35, p. 48-69.
- P'JAVCENKO, N.I. (1955): *Bugrystye torfjaniki*, Moscou, 280 p.
- POTZGER, J.E. et COURTEMANCHE, A. (1955): Permafrost and some characteristics of bogs and vegetation in northern Quebec, *Revue canadienne de Géographie*, vol. 9, nos 2-3, p. 109-114, 3 fig.
- PRIEZNITZ, K. et SCHUNKE, E. (1978): An approach to the ecology of permafrost in central Iceland, dans *Proceedings Third International Conference on Permafrost*, Ottawa, National Research Council of Canada, vol. 1, p. 473-379, 7 fig.
- PRUITT, W.O. (1970): Some ecological aspects of snow, dans *Proceedings Symposium on Ecology of the Subarctic Regions* (Helsinki-1966), Paris, UNESCO, p. 83-99, 8 fig.
- QUÉBEC, (1983): *Statistiques annuelles et mensuelles*, Station 704812: Blanc-Sablon, Service de la météorologie du Québec.
- RAILTON, J.B. et SPARLING, J.H. (1973): Preliminary studies on the ecology of palsa mounds in northern Ontario, *Canadian Journal of Botany*, vol. 51, n° 5, p. 1037-1044, 4 fig.

- RAPP, A. (1970): Some geomorphological processes in cold climates, dans *Proceedings Symposium on Ecology of the Subarctic Regions*, (Helsinki-1966), Paris, UNESCO, p. 105-114, 6 fig.
- (1982): Zonation of permafrost indicators in Swedish Lapland, *Geografisk Tidsskrift*, vol. 82, p. 37-38, 2 fig.
- RUUHIJÄRVI, R. (1970): Subarctic peatlands and their utilization, dans *Proceedings Symposium on Ecology of the Subarctic Regions*, (Helsinki — 1966), Paris, UNESCO, p. 319-326, 1 fig.
- SALMI, M. (1968): Development of palsas in Finnish Lapland, dans *Proceedings Third International Peat Congress*, Ottawa, National Research Council of Canada, p. 182-189, 7 fig.
- (1970): Investigations on palsas in Finnish Lapland, dans *Proceedings Symposium on the Ecology of the Subarctic Regions*, (Helsinki-1966), Paris, UNESCO, p. 143-153, 10 fig.
- (1972): Present developmental stages in palsas in Finland, dans *Proceedings Fourth International Peat Congress*, Helsinki, vol. 1, p. 121-141, 16 fig.
- SAVOIE, L. et GANGLOFF, P. (1980): Analyse pollinique d'une palse au site archéologique de Vieux-Fort Burwell (Killiniq), *Territoires-du-Nord-Ouest, Géographie physique et Quaternaire*, vol. 34, n° 3, p. 301-320, 10 fig.
- SCHUNKE, E. (1973): Palsen und Kryokarst in Zentral-Island, *Nachr. Akademie der Wissenschaften in Göttingen*, Ser. II, *Mathematisch-Physikalische Klasse*, n° 4, p. 66-102, 4 fig.
- SEGUIN, M.K. et CRÉPAULT, J. (1979): Étude géophysique d'un champ de paises à Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 33, n° 3-4, p. 327-337, 8 fig.
- SEPPÄLÄ, M. (1979): Recent palsa studies in Finland, *Acta universitatis Ouluensis*, Geol. ser., n° 3, p. 81-87, 4 fig.
- (1980): Stratigraphy of a silt-cored palsa, Altin Region, British Columbia, Canada, *Arctic*, vol. 33, n° 2, p. 357-365, 5 fig.
- (1982a): An experimental study of the formation of palsas, dans *Proceedings of the Fourth Canadian Permafrost Conference, The Roger J.E. BROWN Memorial Volume*, Ottawa, National Research Council of Canada, p. 36-42, 6 fig.
- (1982b): Palsarnas periodiska avmätning i Finska Lappland, *Geogr. Tidsskrift*, vol. 82, n° 1, p. 39-50, 16 fig.
- SJÖRS, H. (1959): Bogs and fens in Hudson Bay Lowlands, *Arctic*, vol. 12, n° 1, p. 2-19, 13 fig.
- (1961): Forest and peatland at Hawley Lake, northern Ontario, *National Museum of Canada*, Bull. 171, p. 1-31, 2 fig. 5 pl.
- (1963): Bogs and fens on Attawapiskat River, northern Ontario, *National Museum of Canada*, Bull. 186, p. 45-133, 7 fig., 27 pl.
- SMITH, H. (1911): Postglaciala regionforsknignar i norra Härjedalens och södra Jamtlands fjälltrakter, *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, vol. 33, p. 503-530.
- SOLLID, J.L. et SØRBEL, L. (1974): Palsa bogs at Haugtjørmin, Dovrefjell, south Norway, *Norsk Geografisk Tidsskrift*, vol. 28, p. 53-60, 7 fig.
- SPOLANSKAYA, N.A. et EVSEYEV, V.P. (1973): Domed-hummocky peatbogs of the northern taiga in western Siberia, *Biuletyn Per-glacialny*, n° 22, p. 271-283, 3 fig., 3 pl. h.t.
- SUSLOV, S.P. (1961): *Physical geography of Asiatic Russia*, San Francisco, Freeman, 594 p.
- SVENSSON, H. (1962): Nagra iakttagelser från palsområden, *Norsk Geografisk Tidsskrift*, vol. 18, n° 5-6 p. 212-227, 10 fig.
- (1970): Frozen-ground morphology of northernmost Norway, dans *Proceedings Ecology of the Subarctic regions*, (Helsinki-1966), Paris, UNESCO, p. 161-168, 7 fig.
- THIBODEAU, E. et CAILLEUX, A. (1973): Zonation en latitude de structures de thermokarst et de tourbières vers 75° ouest, Québec, *Revue de Géographie de Montréal*, vol. 27, n° 2, p. 117-138, 17 fig.
- THIE, J. (1974): Distribution and thawing of permafrost in the southern part of the discontinuous permafrost zone in Manitoba, *Arctic*, vol. 27, n° 3, p. 189-200, 6 fig.
- THORARINSSON, S. (1951): Notes on patterned ground in Iceland, with particular reference to the Icelandic «flas», *Geografiska Annaler*, vol. 33, p. 144-156, 11 fig.
- VINCENT, J.-S. (1977): *Le Quaternaire de la région du cours inférieur de la Grande Rivière, Québec*, Commission géologique du Canada, Étude 76-19, 20 p., 16 fig.
- VORREN, K.D. (1967): Evig tele i Norge, *Ottar*, vol. 51, p. 1-26.
- WAHBURN, A.L. (1979): *Geocryology. A survey of periglacial processes and environments*, Londres, Edward Arnold, 406 p., 204 fig.
- (1983a): What is a palsa? dans *Mesoform des Reliefs im heutigen Periglazialraum*, H. POSER et E. SCHUNKE, éd., *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Mathematisch-Physikalische Klasse*, n° 35, p. 34-47.
- (1983b): Palsas and continuous permafrost, dans *Permafrost, Proceedings of the Fourth International Conference*, Washington, D.C., Nat. Acad. Press, p. 1372-1377, 6 fig.
- WENNER, C.G. (1947): Pollen diagram from Labrador, *Geografiska Annaler*, vol. 29, p. 137-373.
- WHITE, S.E., CLARK, G.M. et RAPP, A., (1969): Palsa localities in Padjelanta National Park, Swedish Lapland, *Geografiska Annaler*, vol. 51-A, n° 3, p. 97-103, 6 fig.
- WRAMMER, P. (1967): Studier av palsmyrar i Laivadelen, Lappland, dans *Teknik och Natur*, Akademiförlaget, Göteborg, p. 435-449.
- YORKE, B.J. et KENDALL, G.R. (1972): *Daily bright sunshine 1941-1970*, Downsview (Ont.), Environnement Canada, Atmospheric Env. Service., Rapp. CLI-6, 72 p.
- ZOLTAI, S.C. (1971): Southern limit of permafrost features in peat landforms, Manitoba and Saskatchewan, *Geological Association of Canada*, Special Paper n° 9, p. 305-310, 6 fig.
- (1972): Palsas and peat plateaus in central Manitoba and Saskatchewan, *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 2, p. 291-302, 8 fig.
- ZOLTAI, S.C. et TARNOCAL, C. (1971): Properties of a wooded palsa in northern Manitoba, *Arctic and Alpine Research*, vol. 3, n° 2, p. 115-129, 7 fig.
- (1975): Perennially frozen peatlands in the western Arctic and Subarctic of Canada, *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 12, n° 1, p. 28-43, 11 fig.